



Universitat Politècnica de València.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación.

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DE CIMENTACIONES PARA INGENIEROS DE EDIFICACIÓN.

Proyecto Final de Carrera, tipología científico–técnico realizado por:

Francisco Dios Calafat.

Dirigido y tutorizado por Luis Vicente García Ballester.

Junio 2011.




INDICE

1. INTRODUCCIÓN.

INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:

En la normativa vigente, el control de calidad es un objetivo básico del proceso constructivo. La actuación como profesional del Ingeniero de Edificación de acuerdo con la LOFCE y la LOE, se corresponde con varios de los agentes en ellas contemplados; pero además, como técnico, es habitual que trabaje en oficinas de proyectos, despachos de otros profesionales, entre otros.

La sistematización de los procesos en los cuales se ve implicado como agente o como técnico, añadido a la cada vez más detallada especificación de requisitos de los oficios, conduce a la necesidad de poner en funcionamiento procedimientos de gestión que ayuden o faciliten el trabajo profesional.

No se trata de explicar a nadie la forma en que debe hacer las cosas, ni darle a conocer normativa para él desconocida. Se trata básicamente de aportarle a un técnico, Ingeniero de edificación, unas herramientas ágiles para que pueda desarrollar los conocimientos que ya tiene adquiridos y aplicar una normativa que no le es desconocida.

Lo que se pretende es facilitar la labor de un Ingeniero de Edificación en el desarrollo de su trabajo profesional en el terreno específico de las cimentaciones.

2. OBJETO DE PROYECTO.

OBJETIVOS, CONTENIDO Y DESGLOSE DEL CONTENIDO:

El objetivo del presente proyecto es desarrollar de una forma, lo más clara posible, una sistemática de actuación para la verificación de la calidad estructural en la edificación, tanto en fase de proyecto como en fase de ejecución.

Para ello, se desarrollarán varias de las tipologías constructivas existentes en cimentación, ámbito del presente trabajo. Inicialmente, en un primer punto, se explicaran brevemente, dando conocimiento de cada cimentación y de sus tipos. Se intentará visualizar cuando debemos utilizar un tipo de cimentación u otro, dando cuenta a su vez del proceso constructivo de cada tipología.

Se crearán procedimientos e instrucciones para aquellos sistemas constructivos más singulares que facilitaran la labor del Ingeniero de Edificación.

En el apartado Procedimientos, y en cada tipo de cimentación, tras una breve explicación y unos puntos generales que deberían comprobarse en cualquier tipo de trabajo, se establecerán los puntos de control sobre los que se debe actuar, definiendo que se debe comprobar en cada caso.

En este caso, se ha pretendido que el apartado Procedimientos, siendo que aquí está incluido en el conjunto del trabajo, no tenga ese como fin último, sino, que cada uno de los procedimientos estudiados sean validos por sí mismos y sin necesitar al resto. Formando algo así como separatas del proyecto, que en un momento dado y evitando la complejidad de un documento con mucha más información, pudieran ser consultados evitando la información no necesaria.

Se crearán los detalles constructivos más significativos de cada apartado.

Y por último y siendo la parte más importante de este proyecto, y el fin del mismo, se desarrollarán unas listas de comprobación para un control rápido, cómodo y completo. Listas que, en la ejecución de cualquier trabajo de cimentación, llevaremos con nosotros, ingenieros de edificación, para como hemos dicho, facilitar nuestro trabajo en la ejecución y control de cada tipología constructiva de las cimentaciones.

3. ANTECEDENTES.

Cuando realice la valoración de las distintas posibilidades que me ofrecía el proyecto final de carrera en cuanto a líneas de desarrollo de diferentes temas, y acabe optando por desarrollar el trabajo que nos ocupa, hice una visita previa al centro y entre otros pude encontrar algunos trabajos que de una forma u otra se ajustaban a mi idea inicial de proyecto.

RELACIÓN TRABAJOS O PROYECTOS RELACIONADOS REALIZADOS EN EL CENTRO:

A continuación se enumeran los proyectos científico – técnicos realizados más recientes y que guardan relación temática con el proyecto propuesto:

1. *“Aplicación a una obra de edificación de los sistemas de gestión de calidad y medioambiental integrados en una organización empresarial.”*
   Autor: Luis Ángel Tejero Catalá (2009).
2. “*El Arquitecto Técnico como gestor de la calidad en las empresas del sector de la construcción.”*
   Autor: Ana María Parra Moncho (2009).
3. “*Manual de calidad, medio ambiente y prevención de riesgos laborales.”*
   Autor: José Carlos Ayats Salt (2008).
4. “*Perfil de calidad y aplicaciones al proyecto.”*
   Autor: Alicia Cortés Fernández (2007).

Como era de esperar la realización definitiva del proyecto final de carrera me modifico alguna de las ideas iniciales.

El desarrollo final del mismo fijo su base en la normativa vigente que le es de aplicación a la ejecución de las cimentaciones.

4. NORMATIVA DE APLICACIÓN.

Normativa y Reglamentación de obligado cumplimiento.

Como Referencia tenemos dos normas, por todos conocidas, que son básicas para el desarrollo del trabajo como ingenieros de edificación y por supuesto para el desarrollo del presente trabajo.

El **Código Técnico de la Edificación** representa el marco normativo por el que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, desde sus cimientos hasta sus instalaciones, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad, y es de obligado cumplimiento en las obras de edificación de nueva construcción y en las obras de ampliación, modificación, reforma o rehabilitación que se realicen en edificios existentes (con las limitaciones que en ambos casos se detallan).

- DB SE, Seguridad Estructural.
- DB SE-AE, Acciones en la edificación.
- DB SE-C, Cimientos.

La **Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08** es el marco reglamentario por el que se establecen las exigencias que deben cumplir las estructuras de hormigón para satisfacer los requisitos de seguridad estructural y seguridad en caso de incendio, además de la protección del medio ambiente, proporcionando procedimientos que permiten demostrar su cumplimiento con suficientes garantías técnicas. Las exigencias deben cumplirse en el proyecto y la construcción de las estructuras de hormigón, así como en su mantenimiento.

Una de las grandes novedades que presenta la EHE-08 es la incorporación al articulado de las estructuras construidas con elementos prefabricados, definiendo requisitos particulares para estos productos en las etapas de cálculo, control y ejecución. Otra de las novedades es la posibilidad de que el prefabricador obtenga de forma voluntaria un Distintivo de Calidad Oficialmente Reconocido (D.O.R.), que le permita la aplicación de ciertas consideraciones especiales, como por ejemplo la reducción de los coeficientes parciales de seguridad del hormigón y el acero, con los consecuentes ahorros de materiales empleados.

Otra normativa de aplicación.

NBE-AE-88: Acciones en la Edificación.

NCSE-02: Norma de Construcción Sismorresistente.

NCSR, Norma de Construcción Sismorresistente.

NTE-ADV, Acondicionamiento del terreno. Vaciados.

NTE-ASD, Acondicionamiento del terreno. Saneamiento. Drenajes y avenamientos.

NTE-CSL: Cimentaciones Superficiales. Losas.

NTE-ADZ: Acondicionamiento del Terreno. Desmontes. Zanjas y Pozos.

NTE-CSZ, Cimentaciones superficiales. Zapatas

NTE-CSC, Cimentaciones superficiales. Corridas

NTE- CCP, Cimentaciones contenciones pantallas.

NTE-CCM, Cimentaciones contenciones muros.

NTE-CPP: Cimentaciones Pilotes prefabricados.

NTE-CPE: Cimentaciones Pilotes encepados.

NTE-CPI: Cimentaciones Profundas. Pilotes “In Situ”.

NTE-CPE: Cimentaciones Pilotes Encepados.

Directiva Europea 89/106/CEE (y su posterior modificación Directiva 93/68/CEE). Marcado CE para productos de construcción.

UNE-EN 12794:2006 + A1 "Pilotes de cimentación".

UNE-EN 14991:2008 "Elementos de cimentación"

UNE 22 381:1993 Control de vibraciones producidas por voladuras.

UNE 22 950-1:1990 Propiedades mecánicas de las rocas. Ensayos para la determinación de la resistencia. Parte 1: Resistencia a la compresión uniaxial.

UNE 22 950-2:1990 Propiedades mecánicas de las rocas. Ensayos para la determinación de la resistencia. Parte 2: Resistencia a tracción. Determinación indirecta (ensayo brasileño).

UNE 80 303-1:2001 Cementos con características adicionales. Parte 1: Cementos resistentes a los sulfatos.

UNE 80 303-2:2001 Cementos con características adicionales. Parte 2: Cementos resistentes al agua de mar.

UNE 80 303-3:2001 Cementos con características adicionales. Parte 3: Cementos de Bajo calor de hidratación.

UNE 103 101:1995 Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

UNE 103 102:1995 Análisis granulométrico de suelos finos por sedimentación. Método del densímetro.

UNE 103 103:1994 Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande.

UNE 103 104:1993 Determinación del limite plástico de un suelo.

UNE 103 108:1996 Determinación de las características de retracción de un suelo.

UNE 103 200:1993 Determinación del contenido de carbonatos en los suelos.

UNE 103 202:1995 Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.

UNE 103 204:1993 Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.

UNE 103 300:1993 Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.

UNE 103 301:1994 Determinación de la densidad de un suelo. Método de la balanza hidrostática.

UNE 103 302:1994 Determinación de la densidad relativa de las partículas de un suelo.

UNE 103 400:1993 Ensayo de rotura a compresión simple en probetas de suelo.

UNE 103 401:1998 Determinación de los parámetros de resistentes al esfuerzo cortante de una muestra de suelo en la caja de corte directo.

UNE 103 402:1998 Determinación de los parámetros resistentes de una muestra de suelo en el equipo triaxial.

UNE 103 405:1994 Geotecnia. Ensayo de consolidación unidimensional de un suelo en edómetro.

UNE 103 500:1994 Geotecnia. Ensayo de compactación. Proctor normal.

UNE 103 501:1994 Geotecnia. Ensayo de compactación. Proctor modificado.

UNE 103 600:1996 Determinación de la expansividad de un suelo en el aparato Lambe.

UNE 103 601:1996 Ensayo del hinchamiento libre de un suelo en edómetro.

UNE 103 602:1996 Ensayo para calcular la presión de hinchamiento de un suelo en edómetro.

UNE 103 800:1992 Geotecnia. Ensayos in situ. Ensayo de penetración estándar (SPT).

UNE 103 801:1994 Prueba de penetración dinámica superpesada.

UNE 103 802:1998 Geotecnia. Prueba de penetración dinámica pesada.

UNE 103 804:1993 Geotecnia. Procedimiento internacional de referencia para el ensayo de penetración con el cono (CPT).

UNE 7131 Determinación del contenido total de sulfatos en aguas de amasado para morteros y hormigones.

UNE 7178 Determinación de los cloruros contenidos en el agua utilizada para la fabricación de morteros y hormigones.

UNE 7235 Determinación de los aceites y grasas contenidos en el agua de amasado de morteros y hormigones.

UNE EN 1 536:2000 Ejecución de trabajos especiales de geotecnia. Pilotes perforados.

UNE EN 1 537:2001 Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Anclajes.

UNE EN 1 538:2000 Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Muros-pantalla.

UNE EN 12 699:2001 Realización de trabajos geotécnicos especiales. Pilotes de desplazamiento.

ASTM: G57-78 (G57-95a) Standard Test Method for field measurement of soil resistivity using the Wenner Four-Electrode Method.

ASTM: D 4428/D4428M-00 Standard Test Methods for Crosshole Seismic Testing.

NLT 225:1999 Estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción de desmoronamiento en agua.

NLT 254:1999 Ensayo de colapso en suelos.

NLT 251:1996 Determinación de la durabilidad al desmoronamiento de rocas blandas.

EN 287-1:1992 + A1:1997 −Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros.

EN 288-2:1992+ A1:1997 −Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Parte 2: Especificación del procedimiento de soldeo por arco.

EN 288-3:1992+ A1:1997 −Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Parte 2: Cualificación del procedimiento de soldeo por arco de aceros.

EN 499:1994 −Productos de aportación para el soldeo. Electrodos revestidos para el soldeo por arco de aceros no aleados y aceros de grano fino. Clasificación.

EN 996:1995 −Equipos de pilotaje. Requisitos de seguridad.

EN 10020:1998 −Definición y clasificación de los tipos de acero.

EN 10079:1992 −Definición de los productos de acero.

EN 10219-1:1997 −Perfiles huecos para construcción conformados en frio de acero no aleado y de grano fino. Parte 1: Condiciones técnicas de suministro.

EN 12063:1999 - 8 -

EN 10219-2:1997 −Perfiles huecos para construcción conformados en frio de acero no aleado y de grano fino. Parte 2: Tolerancias, dimensiones y características.

EN 10248-1:1995 −Tablestacas de acero no aleado laminadas en caliente. Parte 1: Condiciones técnicas de suministro.

EN 10248-2:1995 −Tablestacas de acero no aleado laminadas en caliente. Parte 2: Tolerancias dimensionales y de forma.

EN 10249-1:1995 -Tablestacas de acero no aleado conformadas en frío. Parte 1: Condiciones técnicas de suministro.

EN 10249-2:1995 -Tablestacas de acero no aleado conformadas en frío. Parte 2: Tolerancias dimensionales y de forma.

EN 24063:1992 -Soldeo, soldeo fuerte, soldeo blando y cobresoldeo de metales. Nomenclatura de procesos y números de referencia para la representación simbólica en planos.. (ISO 4063: 1990).

EN 25817:1992 -Uniones soldadas por arco de aceros. Guías sobre los niveles de calidad en función de las imperfecciones. (ISO 5817:1992).

EN 29692:1994 -Soldeo por arco con electrodo revestido, soldeo por arco con protección gaseosa y soldeo por gas.

Preparación de uniones de aceros. (ISO 9692:1992).

prEN 1537 -Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Vástagos de anclado.

EN 1990: Eurocódigo 0 «Bases de cálculo de estructuras.

EN 1991: Eurocódigo 1 «Acciones en estructura.

EN 1992: Eurocódigo 2 «Estructuras de hormigón.

EN 1993: Eurocódigo 3 «Estructuras de acero.

EN 1994: Eurocódigo 4 «Estructuras mixtas de hormigón y acero.

EN 1995: Eurocódigo 5 «Estructuras de madera.

EN 1996: Eurocódigo 6 «Estructuras de fábrica.

EN 1997: Eurocódigo 7 «Estructuras de hormigón.

EN 1998: Eurocódigo 8 «Sismo en estructuras.

EN 1999: Eurocódigo 9 «Estructuras de aluminio.

ENV 1991-1:1994 -Eurocódigo 1: Bases de proyecto y acciones en estructuras. Parte 1: Bases de proyecto.

ENV 1992-1-1:1994 -Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.

ENV 1993-1-1:1994 –Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1: Reglas generales y reglas para edificación.

ENV 1993-5:1998 –Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 5: Pilotajes.

ENV 1997-1:1994 –Eurocódigo 7: Proyecto geotécnico. Parte 1. Reglas generales.

ENV 1991-1:1994 –Eurocódigo 1 - Bases de proyecto y acciones en estructuras - Parte 1: Bases de proyecto.

ENV 1992-1-1:1994 –Eurocódigo 2 - Proyecto de estructuras de hormigón - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.

ENV 1993-1-1:1994 –Eurocódigo 3 - Proyecto de estructuras de acero - Parte 1: Reglas generales y reglas para edificación.

ENV 1993-5:1998 –Eurocódigo 3 - Proyecto de estructuras de acero - Parte 5: Pilotaje.

ENV 1997-1:1994 –Eurocódigo 7 - Proyecto geotécnico - Parte 1: Reglas generales.

ISO 1106-1:1984 –Prácticas recomendadas para el examen radiográfico de las uniones soldadas a tope por fusión, en chapas de acero de espesor inferior a 50 mm.

5. CIMENTACIONES SUPERFICIALES.

INTRODUCCIÓN

La cimentación es la parte estructural del edificio, encargada de transmitir las cargas al terreno, el cual es el único elemento que no podemos elegir , por lo que la cimentación la realizaremos en función del mismo. Al mismo tiempo, éste no se encuentra todo a la misma profundidad por lo que eso será otro motivo que nos influye en la decisión de la elección de la cimentación adecuada.

CLASIFICACIÓN.

Las cimentaciones se clasifican.

-**Cimentaciones superficiales.**

-Cimentaciones profundas

-Cimentaciones especiales

Las cimentaciones superficiales engloban las zapatas en general y las losas de cimentación. Y en este caso particular hemos incluido los muros de sótano que aunque realmente son elementos de contención, por la forma de trabajo son más cercanos a las cimentaciones superficiales que no a las profundas.

Las cimentaciones superficiales son aquellas que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del terreno, al tener el mismo, la suficiente capacidad de carga para soportar las construcciones que se van a apoyar.

Los distintos tipos de cimentación superficial dependen de las cargas que sobre ellas recaen.

- Puntuales: Zapatas aisladas.
- Lineales: Zapatas corridas
- Superficiales: Losas de cimentación.

5.1 MUROS DE SÓTANO.

ÍNDICE




1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.



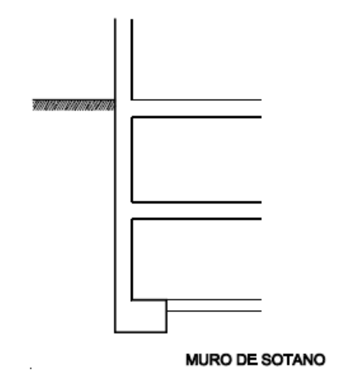
Muro de hormigón.

1.1. Concepto y descripción de unidades más frecuentes.

Estos elementos no pueden ser considerados realmente como una forma de cimentación puesto que su misión es básicamente la contención de tierras en excavaciones y en muros de sótanos.

Los muros se definen como elementos de contención destinados a establecer y mantener una diferencia de niveles en el terreno con una pendiente de transición superior a lo que permitiría la resistencia del mismo, transmitiendo a su base y resistiendo con deformaciones admisibles los correspondientes empujes laterales. En el caso de muros de sótano, éstos se utilizan para independizar una construcción enterrada del terreno circundante.

Los muros de sótano generalmente tienen forma de cajones cerrados y están sometidos al empuje del terreno y, en su situación definitiva, a las cargas procedentes de forjados, y en ocasiones a las de soportes o muros de carga que nacen de su cúspide. Los forjados actúan como elementos de arriostramiento transversal. A los efectos de su dimensionado o comprobación como elementos estructurales, deben complementarse con las de las demás funciones que poseen. En este tipo de muros los efectos derivados de la contención pueden ser secundarios, sobre todo en edificios de varias plantas.



1.2. Diseño y elección del sistema.

Estos muros están arriostrados transversalmente por los forjados y no trabajan en voladizo. La restricción en los movimientos transversales provocada por los forjados hace que frecuentemente no puedan producirse las deformaciones necesarias para alcanzar las condiciones de empuje activo.

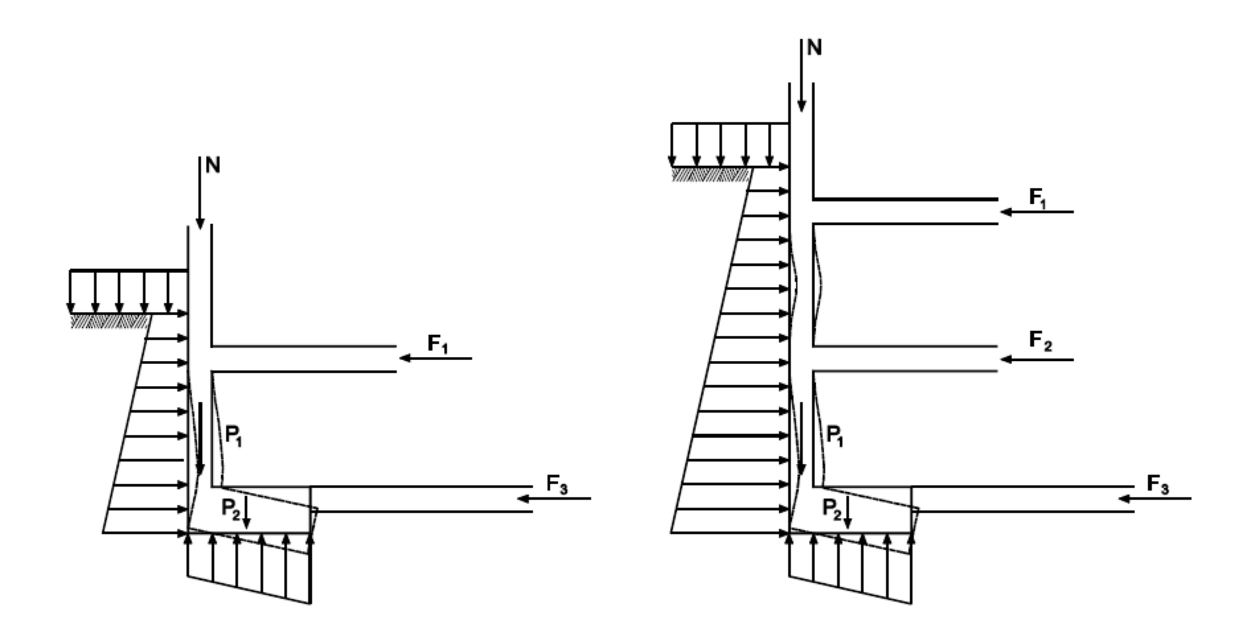
En el caso de muros de sótano, las acciones hay que añadir las verticales de la solicitación de los forjados intermedios y de cabeza, si existen, y la compresión aportada directa o indirectamente por los soportes o muros de carga del edificio que arranquen de ese mismo punto. Para el cálculo de la situación definitiva, podrá suponerse que los empujes horizontales se equilibran contra los pisos, tanto forjado o forjados como solera, en la medida necesaria para minimizar el fallo por deslizamiento.

La resultante correspondiente a la reacción de los forjados sobre el muro, es una variable más en los cálculos. Para su determinación puede ser necesario incluir en el cálculo la deformabilidad del cimiento mediante un coeficiente de balasto. En determinados casos puede hacerse la hipótesis simplificada de considerar un reparto uniforme de presiones bajo el cimiento.

En el caso de muros de sótano con dos o más niveles de forjado, el cálculo puede efectuarse asimilando el muro a una viga continua, incluyendo la compatibilidad de deformaciones con la zapata.

El muro de sótano debe analizarse en sentido longitudinal como una zapata continua.

Si el muro tiene desarrollo lineal en planta, con una configuración geométrica y de empuje uniforme, bastará una verificación en sección, por metro de desarrollo, en dos dimensiones. Si tiene traza quebrada o cerrada en planta, o posee configuración variable de altura a lo largo de su desarrollo, el análisis deberá tener en cuenta el conjunto total, aunque deberá verificarse localmente, introduciendo en el equilibrio de cada parte los términos mecánicos de su interrelación con el conjunto.



1.3. Materiales empleados en el sistema.

Cumplirán las condiciones especificadas en el Capítulo VI, Materiales, de la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE, en la consideración de materiales.

Acero

Cumplirán todo lo referente al Artículo 32º Aceros para armaduras pasivas de la EHE-08

Genéricamente se pueden utilizar los siguientes productos:

- Barras rectas o rollos de acero corrugado soldable.

- Alambres de acero corrugado o grafilado soldable.

- Alambres lisos de acero soldable.

Los alambres lisos sólo pueden emplearse como elementos de conexión de armaduras básicas electrosoldadas en celosía.

<u>Armadura colocada en obra:</u>

- Barras corrugadas de acero, de características físicas y mecánicas indicadas en proyecto.

- Mallas electrosoldadas de acero de características físicas y mecánicas indicadas en proyecto.

Hormigón

Hormigón para armar (HA), de resistencia o dosificación especificados en proyecto.

En el caso particular del hormigón, propiedades del cemento, contenido mínimo de cemento, relación agua/cemento y recubrimientos mínimos y nominales previstos, deberán cumplir con las condiciones de durabilidad, Artículo 37 Durabilidad del hormigón y de las armaduras, y apartado 8.2. Bases de cálculo orientadas a la durabilidad, del artículo 8 de la EHE-08

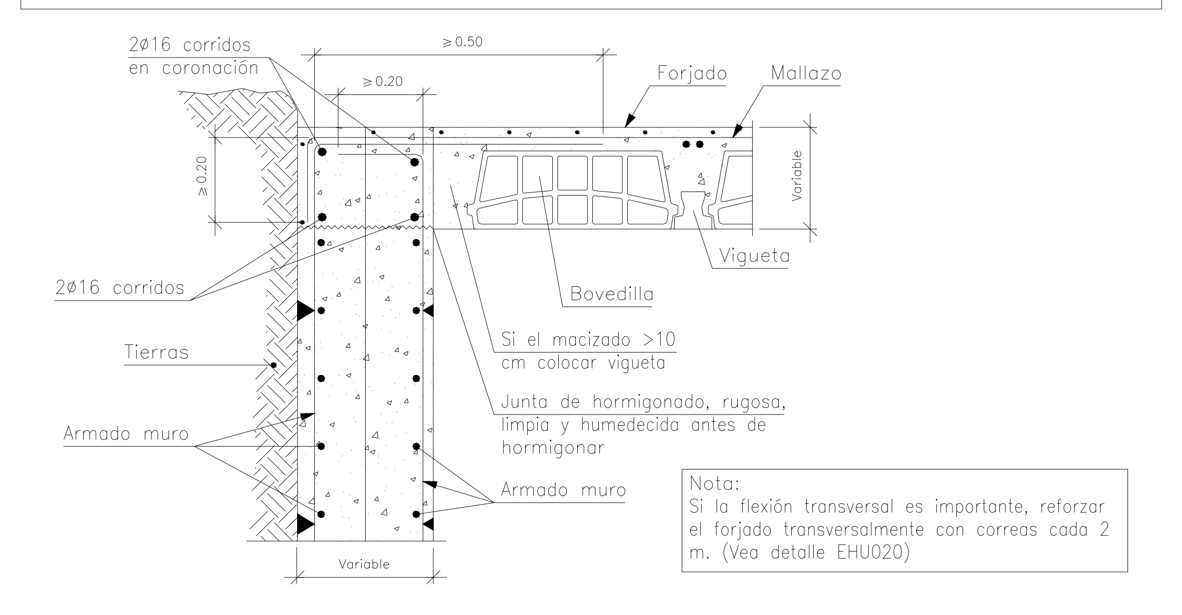
Las condiciones de durabilidad vienen fijadas conforme a las condiciones de agresividad definidas en el estudio geotécnico, (aguas freáticas y suelos), e informe de inspección preliminar.

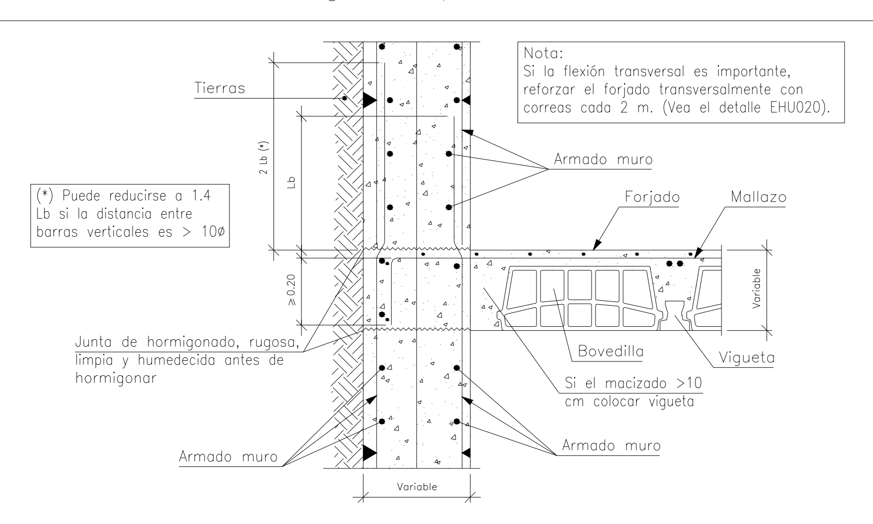
1.4. Detalles constructivos más representativos.

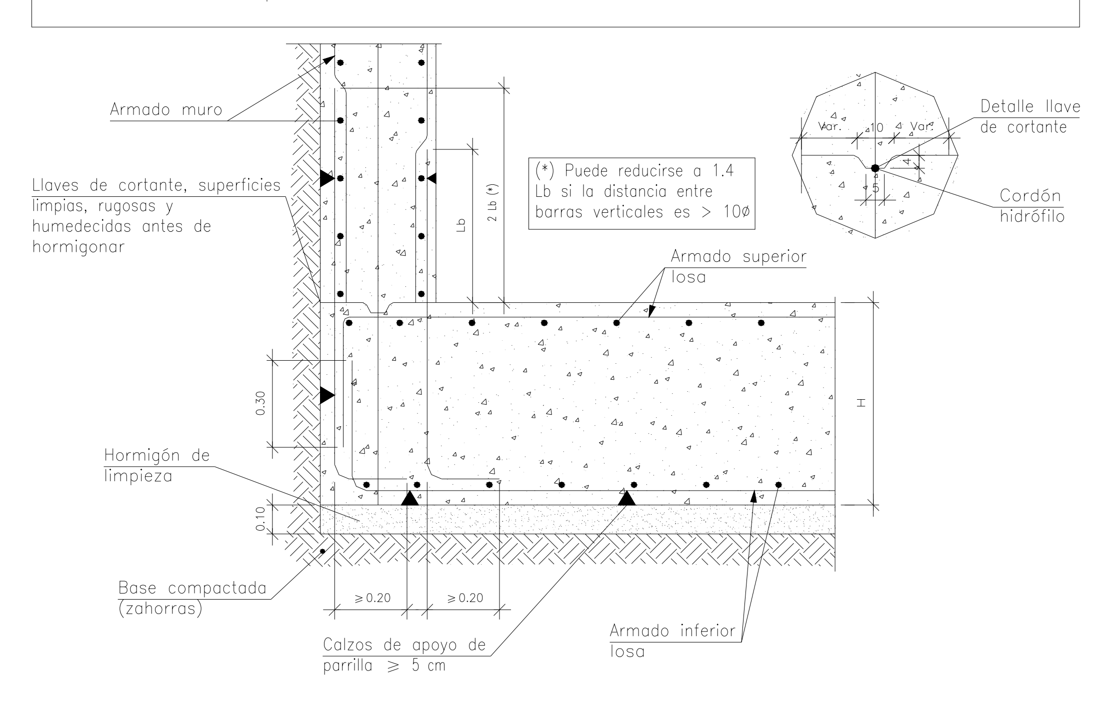
A continuación se incluyen varios detalles constructivos, los más usuales, que referencian la mayoría de puntos más importantes a controlar en la ejecución de los muros de sótano.

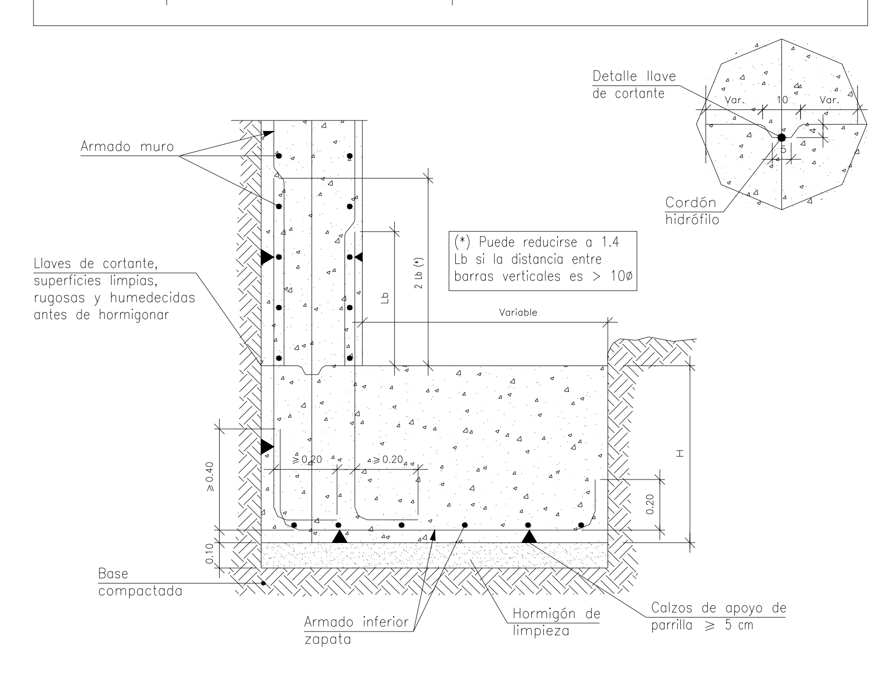
Los detalles son:

- Enlace de coronación en muro con forjado unidireccional. viguetas paralelas.
- Enlace intermedio en muro construido en dos fases, de forjado unidireccional. Viguetas paralelas.
- Arranque de muro en losa de cimentación.
- Arranque de muro en zapata corrida descentrada.
- Pilar embebido en muro del mismo espesor. Con protección especial.
- Enlace intermedio en muro construido en dos fases con viga.
- Enlace en coronación de muro con viga de canto o plana.
- Enlace en coronación de muro con rampa.
- Detalle de las armaduras horizontales en encuentro de esquina.
- Junta de hormigonado vertical en muro.
- Junta de dilatación vertical en muro.

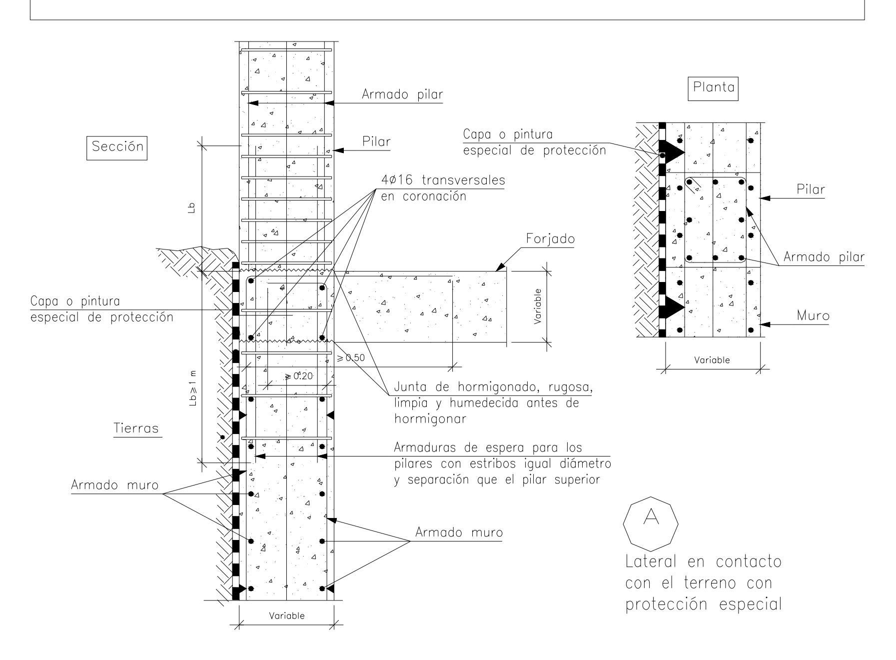

Enlace en coronación de muro con forjado unidireccional. Viguetas paralelas.
2Ø16 corridos en coronación
≥ 0.50
≥ 0.20
Forjado
Mallazo
≥ 0.20
Variable
Vigueta
Bovedilla
2Ø16 corridos
Si el macizado >10 cm colocar vigueta
Tierras
Junta de hormigonado, rugosa, limpia y humedecida antes de hormigonar
Armado muro
Armado muro
Nota:
Si la flexión transversal es importante, reforzar el forjado transversalmente con correas cada 2 m. (Vea detalle EHU020)
Variable


Enlace intermedio en muro construido en dos fases, de forjado unidireccional. Viguetas paralelas.
Tierras
Nota:
Si la flexión transversal es importante, reforzar el forjado transversalmente con correas cada 2 m. (Vea el detalle EHU020).
2 Lb (*)
Lb
Armado muro
Forjado
Mallazo
(*) Puede reducirse a 1.4 Lb si la distancia entre barras verticales es > 10Ø
≥ 0.20
Variable
Junta de hormigonado, rugosa, limpia y humedecida antes de hormigonar
Bovedilla
Vigueta
Si el macizado >10 cm colocar vigueta
Armado muro
Armado muro
Variable

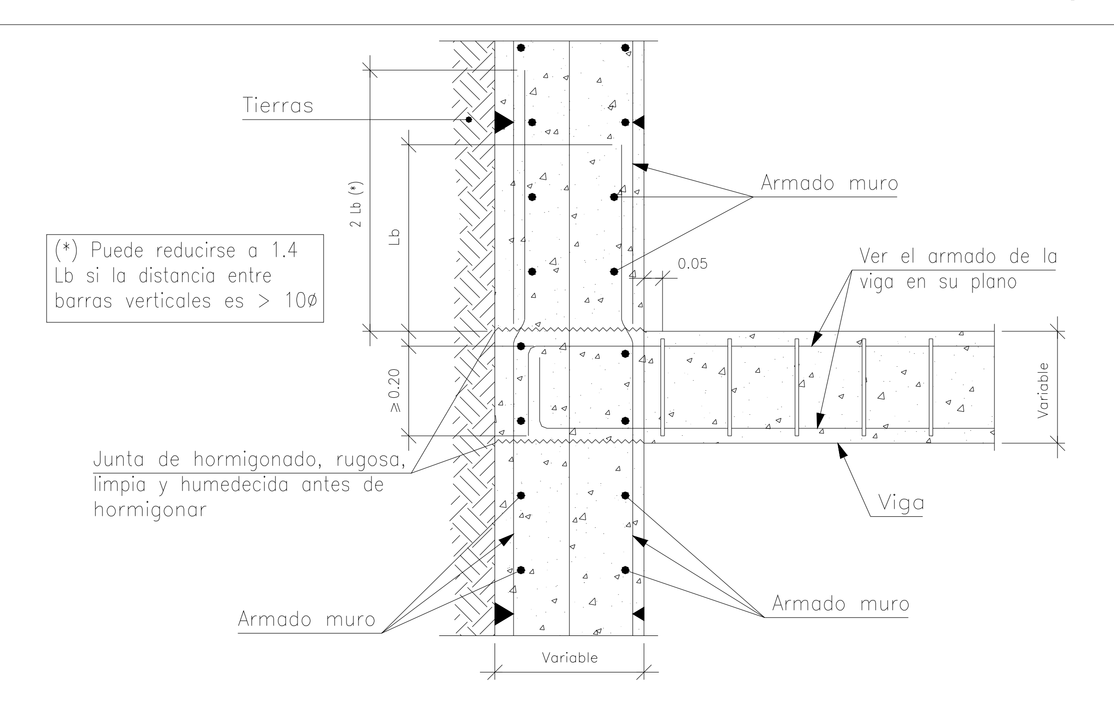

Arranque de muro en losa de cimentación.
Armado muro
Llaves de cortante, superficies limpias, rugosas y humedecidas antes de hormigonar
(*) Puede reducirse a 1.4 Lb si la distancia entre barras verticales es > 10ø
Detalle llave de cortante
Cordón hidrófilo
Var.
10
Armado superior losa
Lb
2 Lb (*)
0.30
H
Hormigón de limpieza
0.10
Base compactada (zahorras)
≥ 0.20
≥ 0.20
Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm
Armado inferior losa


Arranque de muro en zapata corrida descentrada.
Detalle llave de cortante
Var.
10
Cordón hidrófilo
Armado muro
Llaves de cortante, superficies limpias, rugosas y humedecidas antes de hormigonar
(*) Puede reducirse a 1.4 Lb si la distancia entre barras verticales es > 10ø
Lb
2 Lb (*)
Variable
H
≥ 0.40
≥ 0.20
≥ 0.20
0.20
0.10
Base compactada
Armado inferior zapata
Hormigón de limpieza
Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm

Pilar embebido en muro del mismo espesor. Con protección especial.



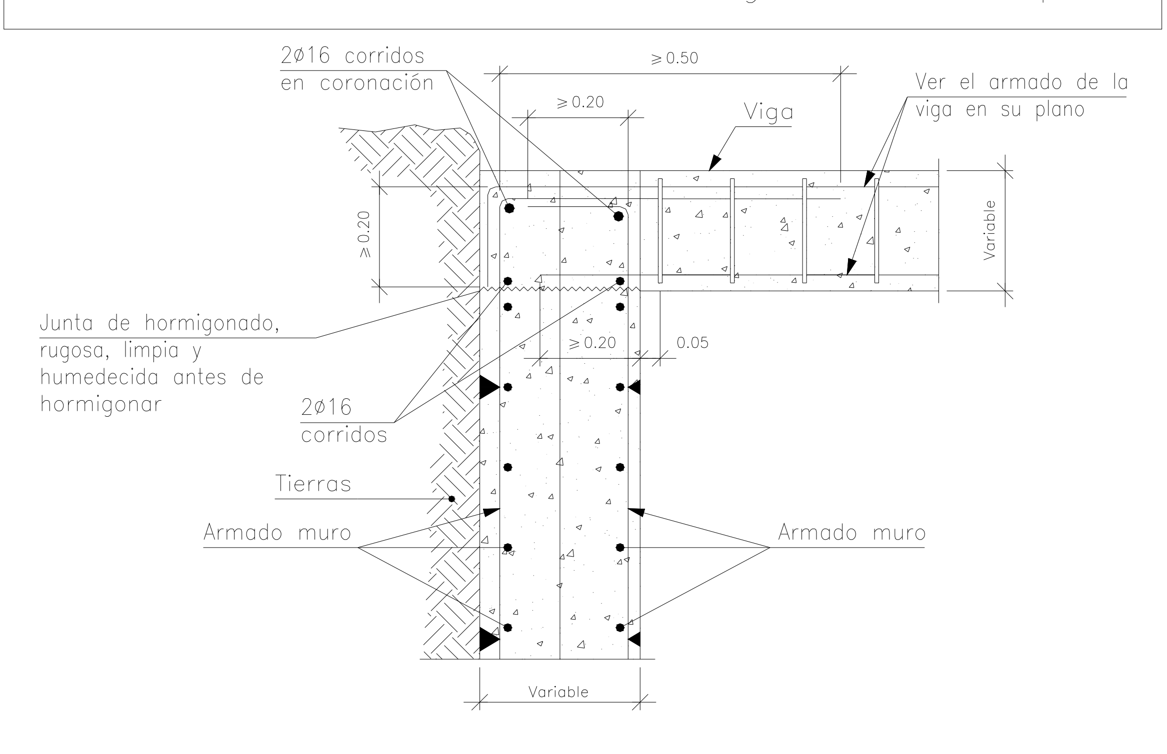
Enlace intermedio en muro construido en dos fases con viga.



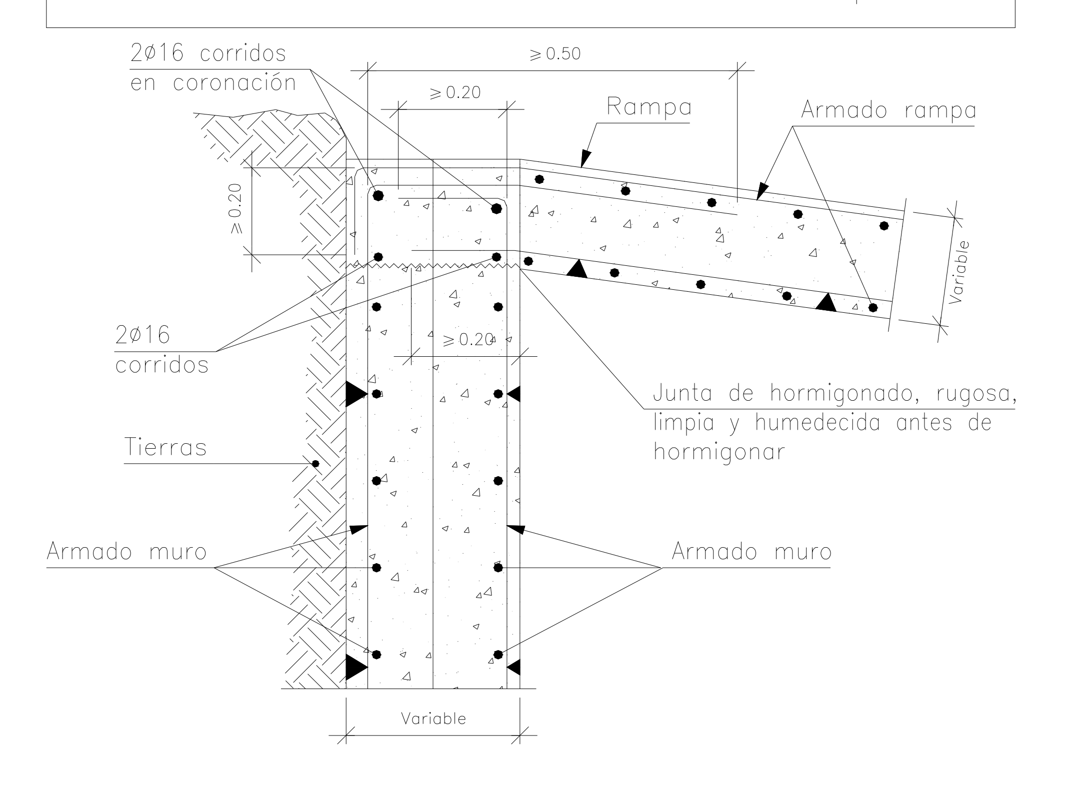


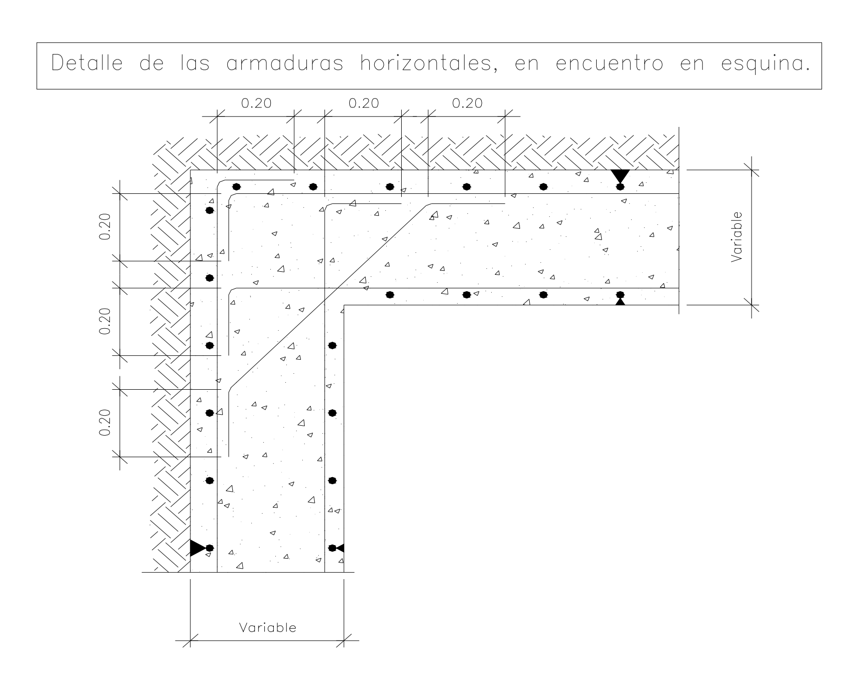


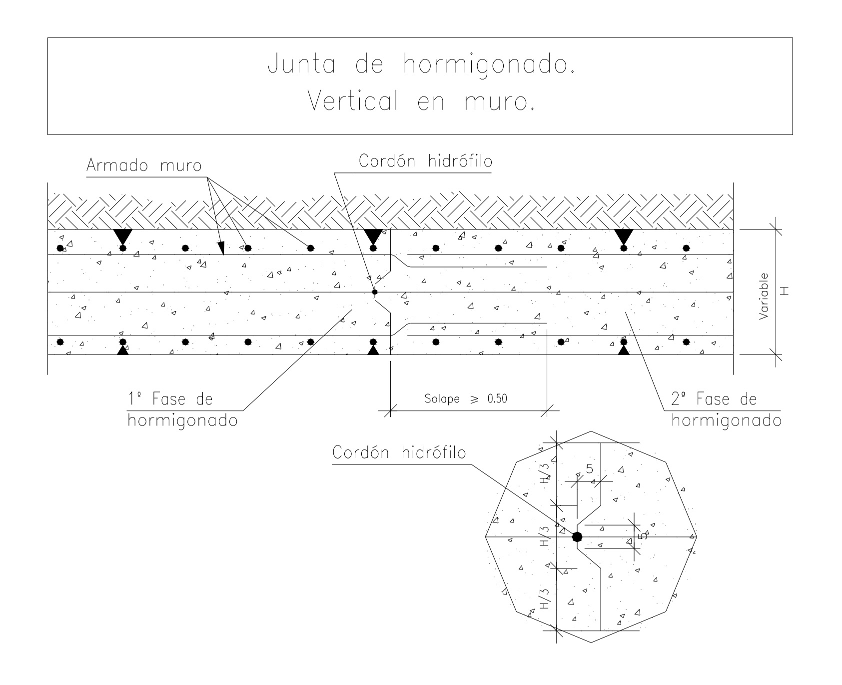
Enlace en coronación de muro con viga de canto o plana.

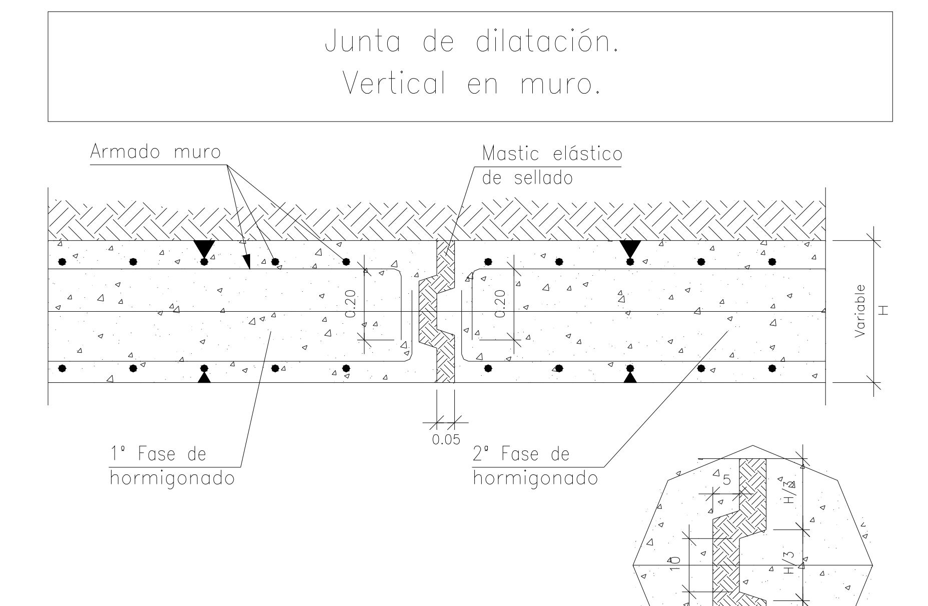


Enlace en coronación de muro con rampa.




Detalle de las armaduras horizontales, en encuentro en esquina.
0.20
0.20
0.20
0.20
0.20
0.20
Variable
Variable


Junta de hormigonado.
Vertical en muro.
Armado muro
Cordón hidrófilo
Variable
H
1° Fase de hormigonado
Solape ≥ 0.50
2° Fase de hormigonado
Cordón hidrófilo
H/3
H/3
H/3
5
5


Junta de dilatación.
Vertical en muro.
Armado muro
Mastic elástico de sellado
0.20
0.20
Variable
H
0.05
1° Fase de hormigonado
2° Fase de hormigonado
5
H/3
H/3
H/3
10
5

1.5. Condiciones constructivas.

1.5.1. Precauciones contra defectos del terreno

Se comprobará que las características aparentes del macizo de terreno coincidan con las determinadas en el informe geotécnico.

Los lentejones de roca y/o construcción que traspasen los límites del vaciado, no se quitarán ni descalzarán sin previa autorización de la Dirección Técnica.

Cuando al excavar se encuentre cualquier anomalía no prevista, como variación de los estratos y/o de sus características, cursos de aguas subterráneas, restos de construcciones, valores arqueológicos, se parará la obra, al menos en este tajo, y se comunicará a la Dirección Técnica.

Cuando el terreno excavado pueda transmitir enfermedades contagiosas, se desinfectará antes de su transporte y no podrá utilizarse, en este caso, como terreno de préstamo, debiendo el personal que lo manipula estar equipado adecuadamente.

Siempre que circunstancias imprevistas se presente un problema de urgencia el constructor tomará provisionalmente las medidas oportunas, a juicio del mismo y se lo comunicará, lo antes posible, a la dirección Técnica.

1.5.2. Excavaciones

1.5.2.1. Terminación de las excavaciones

1. **Excavación con talud natural:** Se excavará el terreno, entre los límites laterales y hasta una profundidad H, en mm definidos en la Documentación Técnica. En los bordes en los que haya que dejar talud al ir vaciando, el ángulo no será mayor que el especificado en la Documentación Técnica.
   El vaciado se realizará por franjas horizontales de altura no mayor de 1.5 o 3 m, según se ejecute a mano o a máquina. Cuando el vaciado se realice a máquina, en los bordes con elementos estructurales de contención y/o medianerías, la máquina trabajará en dirección no perpendicular a ellos y dejará sin excavar una zona de protección de ancho no menor de 1m, que se quitará a mano antes de descender la máquina en este borde a la franja inferior.



Excavación de muro.

2. **Excavación con talud natural mediante bataches:** Una vez replanteados en el frente del talud los bataches a realizar, se iniciará por uno de los extremos del talud la excavación alternada de bataches.

   A continuación se realizarán los elementos estructurales de contención en las zonas excavadas y en el mismo orden, repitiendo las operaciones tantas veces como taludes.

   Los bataches se realizarán, en general, comenzando por la parte superior cuando se realicen a mano y por su parte inferior cuando se realicen con máquina.



Batache excavado.






Preparación batache.

1.5.2.2. Dimensiones de las excavaciones

Las excavaciones tendrán las dimensiones fijadas en el proyecto.

La cota de profundidad de estas excavaciones será la prefijada en los planos, o las que el Director de Obra ordene por escrito o gráficamente a la vista de la naturaleza y condiciones del terreno excavado.

1.5.3. Ejecución de Muros ménsula de hormigón armado

Armadura de fuste-puntera: Distribuida uniformemente y colocada en el plano inferior de la puntera y la cara oculta del fuste
Armadura de talón: Se colocará en la cara superior del talón con entrega en puntera.
Armadura de montaje de 6mm de diámetro a separación de 35cm, dispuesta ortogonalmente a las armaduras de fuste-puntera y talón.
Armadura de fisuración: Formada por barras de 6mm de diámetro dispuestas en dirección vertical y horizontal a separación de 35cm y colocada en la cara vista del fuste.

El recubrimiento mínimo de la armadura se ajustará a las especificaciones de la EHE-08.

2. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL.

Como en cada uno de los tipos de cimentación que estamos estudiando, para completar un estudio que ayude a una mejor ejecución de cada trabajo, se hace necesario empezar a estudiar cada trabajo mucho antes de que este realmente sea iniciado.

Por ello, debemos diferenciar 2 tipos básicos de procedimientos de control de los trabajos:

- Procedimiento de Control de Proyecto, donde, resumiendo mucho, se revisará la documentación previa existente (proyecto, estudio geotécnico, informes, etc.) para, saber qué es lo que vamos a hacer y de qué forma, y detectar errores, incongruencias o falta de información antes de que nos sea necesaria.

- Procedimiento de Control de Ejecución, en el que comprobaremos que la obra se está ejecutando conforme a proyecto y conforme a las directrices de la normativa que le sea de aplicación. Para finalizar comprobaremos que lo ejecutado cumple con los cánones de calidad que le son exigibles mediante los pertinentes ensayos.

Estos apartados serán desarrollados en el punto 8. ANEXOS.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO.

3.1. Tareas previas.

- Comprobar el Replanteo y las Cotas de la Zapata

Antes de la construcción del muro de hormigón, debe comprobarse que el replanteo y la cota superior de la zapata coincidan con los planos del proyecto con un margen de error de + ó - 2 cm. De manera que para comenzar con el muro, debe estar ejecutada la zapata y con las esperas en posición y la longitud correspondiente prevista en la documentación técnica.

El encofrado a emplear estará perfectamente limpio y tratado con desencofrante para garantizar su puesta en obra y el correcto acabado del muro.

- Hormigón

Deberá analizarse para su aprobación la planta de fabricación y verificar las fórmulas de trabajo propuestas, como así también los materiales componentes del hormigón; se verificarán los resultados de rotura a compresión obtenidos y se verificarán los equipos de transporte, de colocación y de vibrado.

Verificar que la docilidad del hormigón se corresponda con los métodos de colocación previstos, que no se originen coqueras ni se demoren los tiempos de colocación por alguna dificultad en la puesta en obra.

- Cimbras y Apeos

Con la documentación técnica de la obra, deberá comprobarse el dimensionado, si resiste el peso del hormigón, su peso propio y el peso de los encofradores, y otras posibles sobrecargas accidentales que actúen sobre los mismos. Las cimbras deben resistir una acción horizontal del orden del 2% de la carga vertical que incida sobre ellas.

- Encofrado

Los elementos componentes del encofrado (madera, metal) como así también sus uniones, deberán tener la rigidez suficiente para poder resistir las presiones del hormigón fresco y los efectos de la compactación, sin sufrir deformaciones apreciables.

3.2. Replanteo.

Sobre la zapata hormigonada, se marca el replanteo del arranque del encofrado. Se marcan las juntas del hormigonado, que deberán tener una distancia entre ellas que no supere los 15 m. Si se desplazan levemente las esperas de las zapatas, pueden grifarse como máximo en 1 cm.

3.3. Proceso constructivo.

El proceso constructivo de un muro de hormigón se realiza del siguiente modo:

- **Encofrado y Colocación de la Ferralla.**

Para el arranque de los encofrados se colocan tablones o tabloncillos sobre la zapata hormigonada para su nivelación.

Se verifica que no existan deformaciones ni roturas en los encofrados, se limpian cuidadosamente, se les aplica desencofrante y se realiza el montaje de los mismos. Nunca deberá usarse gasóleo o grasa normal.

Izada ya la cara del trasdós del muro, a continuación se disponen las armaduras según indican los planos.

Marcar la ubicación de las barras de reparto antes de su colocación, sobre la armadura principal.

Los separadores tendrán las dimensiones adecuadas con el fin de lograr los recubrimientos exigidos por proyecto, de acuerdo a lo establecido en la EHE (Tabla 37.2.4).

Las piezas hormigonadas contra el terreno tendrán un recubrimiento mayor o igual a 7 cm.

Se observará con cuidado la longitud mínima de anclaje y el solape de las esperas, debiendo los mismos cumplir con lo establecido en la normativa correspondiente (EHE).

Cuando las esperas llevan un tiempo expuestas a la intemperie, deben examinarse, limpiarse y observar que no hayan sido atacadas por la corrosión.

Se efectúa el atado de las armaduras con el objeto de obtener la rigidez necesaria para que no se produzcan movimientos o desplazamientos durante el hormigonado; se disponen pates y rigidizadores que mantienen la separación entre parrillas, y se disponen los separadores necesarios para lograr los recubrimientos previstos, controlando esto antes de hormigonar.

Se procede a limpiar el fondo eliminando productos nocivos y cualquier material suelto.

Finalmente se cierra la cara del encofrado faltante arriostrando las dos caras, se apuntala dejando firme y rígido el conjunto perfectamente aplomado con un margen de tolerancia de + ó - 2 cm.

Marcar el nivel del hormigonado con clavos u otro sistema.

No permitir que los empalmes de los paneles tengan resaltos que superen más de 1 cm.





Trabajos de ferrallado en muro.

- **Hormigonado.**

Antes de iniciar los trabajos de hormigonado, se monta un caballete o andamio para permitir el acceso a la coronación del pilar los operarios.

El vertido se efectúa en caída libre a una distancia aproximada a 1,5 metros, siempre tratando que no aparezcan disgregaciones. Este vertido de hormigón se realiza en forma continua o en capas y de tal modo que los encofrados y armaduras no sufran desplazamientos, evitando la formación de coqueras, juntas y planos de debilidad en estas secciones.

Para la compactación del hormigón se emplean vibradores de aguja, cuidando de introducir la aguja en la masa en forma vertical, profunda y rápidamente y extraerla lentamente y a velocidad constante hasta que fluya la lechada sobre la superficie.

El hormigón se compacta en tongadas no mayores a 60 cm. Al hormigonar por tongadas, la aguja del vibrador debe penetrar en la capa inferior entre 10 y 15 cm.



Muro preparado para hormigonar.

- **Trabajos de Desencofrado.**

Después de hormigonar deberá esperarse al menos 24 horas para comprobar el estado del hormigón. Se tendrá especial cuidado en que no se produzcan coqueras; en caso en que aparezcan, se procede de acuerdo al tamaño de las mismas y si el hormigón es visto o no.

Retirar todo elemento de encofrado que impida el libre juego de juntas de dilatación o de retracción.

Los anclajes y alambres del encofrado que quedaron fijos durante el hormigonado se cortan a ras del muro.



Desencofrado de muros.

- **Juntas de Hormigonado.**

Todas las juntas deben preverse en el proyecto. Cuando aparece alguna junta que no se ha previsto, se ejecutará en la dirección de los esfuerzos máximos, y si esto no puede realizarse, se formará con ella el mayor ángulo que sea posible.

Cuando por alguna razón se interrumpe el hormigonado, sin poder tener una continuación en un lapso menor a las 6 horas, se debe limpiar la junta con un chorro a presión de agua y aire o con otro sistema que permita la limpieza de la lechada superficial, de los áridos sueltos, para que quede el árido visto.

- **Curado.**

En último término se efectúa el curado en toda la superficie expuesta mediante riego de agua por un período de 7 días, o con película filmógena, un líquido especial para curado.

El curado se realiza de inmediato a continuación del vibrado y enrasado de la superficie final para impedir así la formación de fisuras de retracción plástica frente a la pérdida de humedad. Si se emplea película filmógena, la misma se extiende sobre la superficie húmeda y saturada pero libre de encharcados (si aparecen deben ser eliminados).

Los muros encofrados se curan inmediatamente después de desencofrarlos.

Si los vientos arrecian o se intensifican el calor o la baja humedad, deben también intensificarse los procesos de curado.

Cuando se efectúan curados con agua, el proceso dura como mínimo 4 días; si existen baja temperatura ambiente, se extiende el curado a 7 días.

3.4. Aspectos a tener en cuenta.

- Encofrado: debe estar perfectamente aplomado y estanco. Deberá estar limpio y tratado con desencofrante. No emplear bajo ningún concepto gasóleo o grasa normal.

- Armaduras: debe vigilarse el estado de las armaduras, que los separadores se encuentren firmes y bien atados para que no se desplacen o se muevan cuando se realiza el hormigonado.

- Verificar antes del hormigonado que los pasatubos y huecos estén en la posición correcta, como así también las placas de anclaje que pudiera contener el muro de hormigón. Todo permanecerá sujeto evitando todo movimiento durante el hormigonado. No olvidar los mechinales en los muros de contención.

- Se hormigonará en forma continua, sin interrupciones donde puedan aparecer juntas. El vibrado debe hacerse sumergiendo en forma rápida y profunda la aguja en la masa, manteniéndola entre 5 y 15 segundos y retirándola con mucho cuidado, a velocidad constante y con lentitud. El vibrador permanecerá vertical o ligeramente inclinado hasta penetrar en la tongada anterior.

- Vigilar que la consistencia del hormigón sea la esperada, tendrá que ser uniforme para todo el hormigonado. No agregar agua al hormigón cuando se encuentra en el camión hormigonera.

- El vibrador no debe tocar las armaduras.

- Cuidar que el vibrado se prolongue en fondos, vértices y aristas, siendo conveniente la inmersión en puntos próximos y diferentes y no aumentar el tiempo de vibrado colocando el vibrador a distancias mayores.

- Tener en cuenta las deformaciones previsibles de los encofrados, realizando las tongadas en el orden establecido.

- Colocando berenjenos en las aristas de las juntas vistas se consigue una mejor estética. Para encofrados de madera, los berenjenos se sujetan clavándolos; para encofrados metálicos, los berenjenos se pegan.

- En el caso en que se requiera la colocación de juntas de estanqueidad, éstas deberán sujetarse a las armaduras tomando el cuidado necesario para que al hormigonar no se muevan.

- Cuando el clima es muy frío, deben seguirse las indicaciones expresadas en la EHE-98, esto es efectuar el hormigonado en las horas centrales del día, adicionar anticongelantes, u otras medidas necesarias.

- En época estival y con temperaturas altas, debe agregarse al hormigón la humedad necesaria para un curado efectivo, hasta que alcance el 70% de su consistencia.

- Si las temperaturas llegan por debajo de los 5º C con tendencia a bajar a 0º C en las siguientes 24 horas, se suspenden los trabajos.
- Elegir los vibradores adecuados en diámetro para poder introducirlos en la masa de hormigón sin problemas; reservar siempre vibradores de repuesto.

La construcción de los muros de hormigón se controlará verificando lo siguiente:

1.- Trabajos de Replanteo.

Se comprobará el replanteo del arranque del muro y la nivelación de la base de encofrados.

2.- Armaduras y encofrado de Apoyo.

Luego se comprobará la colocación de la primera cara del encofrado y el armado del muro (Nº de barras, diámetros, colocación según los planos, solapos,etc.)

3.- Encofrado

Después de haber cerrado el encofrado, debe comprobarse el aplomado del muro y su estanqueidad verificando los cierres del mismo.

4.- Hormigonado

Comprobar el vertido, el cual deberá ser efectuado desde una altura inferior a 2 m.

Comprobar que se realice un correcto vibrado del hormigón.

5.- Aplomado del Muro

Comprobar si después del hormigonado no se haya desplazado ningún elemento.

Desplome, en alturas no mayores a 6 m, + ó - 24mm (se verifica luego de hormigonar).

6.- Toma de Probetas

Controlar la resistencia de dos amasadas (cubas) para cada 100 m3 o 500 m2 de superficie construida.

Controlar el tiempo máximo para hormigonar los 100 m3 o 500 m2 de superficie en planta (deberá ser de 2 semanas).

Series de 5 probetas: 2 se rompen a los 7 días y las otras 3 restantes a los 28 días.

7.- Trazabilidad del Hormigón

Localizar las cubas de donde se extraen las probetas procediendo a la identificación del lote que ha vertido el hormigón.

8.- Desencofrado

Verificar que no existan coqueras o fisuras, y en el caso en que existan, se procederá a su tratamiento.

9.- Curado del Hormigón

Controlar el regado con agua durante 7 días (en tiempo seco).

10.- Rotura de Probetas

Controlar la resistencia característica estimada (fest) la cual deberá ser mayor o igual a 0,9 de la resistencia exigida fck:fest mayor o igual a 0,9 fck.

4. LISTA DE COMPROBACIÓN.

Se realizará cada una de las siguientes verificaciones, según se detalla cada apartado en el los anexos.

1. Control de recepción de materiales certificados
   - 1.1. Suministro.
   - 1.2. Distintivos de calidad.
   - 1.3. Ensayos.
2. Control de recepción de materiales no certificados.
   - 2.1. Suministro.
   - 2.2. Ensayos.
3. Control de ejecución.
   - 3.1. Replanteo y geometría.
   - 3.2. Materiales.
     - 3.2.1. Hormigón fabricado en central.
     - 3.2.2. Hormigón fabricado en obra.
     - 3.2.3. Barras de acero.
   - 3.3. Verificaciones previas.
     - 3.3.1. Excavaciones.
     - 3.3.2. Cimientos.
   - 3.4. Colocación y ejecución.
     - 3.4.1. Excavaciones.
     - 3.4.2. Armados para hormigón.
       - 3.4.2.1. Sujeción.
       - 3.4.2.2. Empalme para hormigón.
       - 3.4.2.3. Separadores.
       - 3.4.2.4. Cortado.
     - 3.4.3. Encofrados y desencofrados.
       - 3.4.3.1. Diseño.
       - 3.4.3.2. Puesta en obra de los encofrados.
       - 3.4.3.3. Material.
     - 3.4.4. Hormigonado.
       - 3.4.4.1. Condiciones encofrados.
     - 3.4.5. Uniones elementos.
       - 3.4.5.1. Genérico.
       - 3.4.5.2. Hormigón / Hormigón.
       - 3.4.5.3. Hormigón / Perfiles metálicos.
       - 3.4.5.4. Hormigón / Cerámica.
       - 3.4.5.5. Hormigón / Bloque.
       - 3.4.5.6. Hormigón / Madera.
4. Control de la obra acabada.
5. Verificaciones posteriores.
6. Estructura de hormigón.

5.2 LOSAS.

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.



Losa de cimentación.

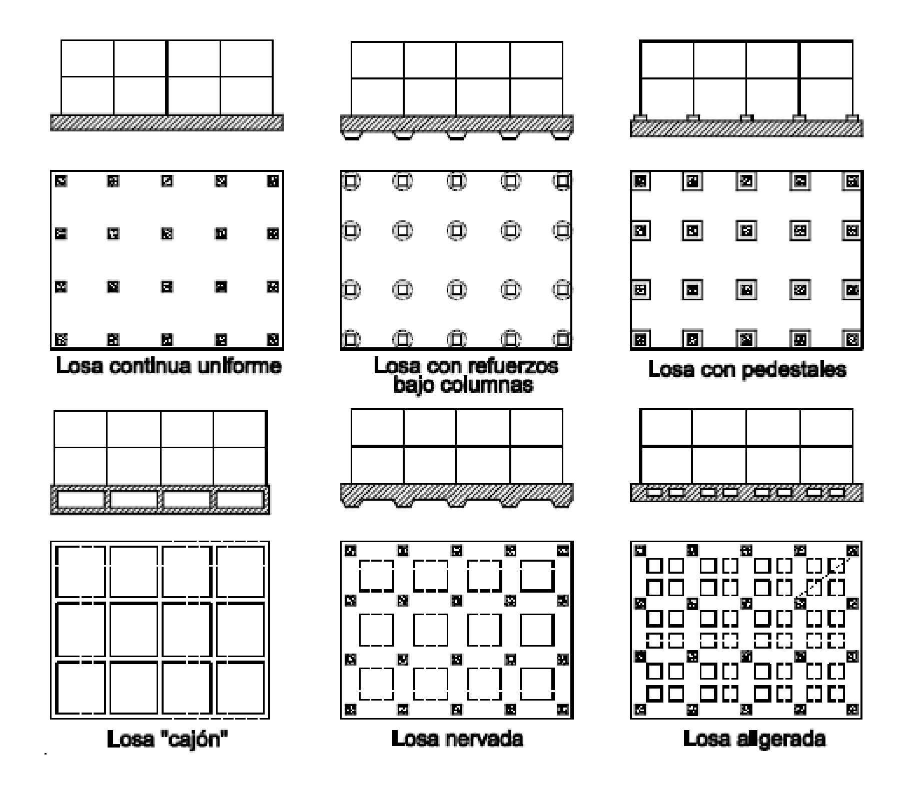
1.1. Concepto y descripción de unidades más frecuentes.

Se podrán emplear en los casos en que el área cubierta por posibles cimentaciones aisladas o por emparrillados cubra un porcentaje elevado de la superficie de ocupación en planta del edificio.

Las losas de cimentación pueden ser de los siguientes tipos:

- continua y uniforme,
- con refuerzos bajo pilares,
- con pedestales,
- con sección en cajón,
- nervada,
- aligerada.

En el siguiente dibujo se encuentran esquematizadas.



Cuando las condiciones lo permitan se emplearán cimentaciones directas, que habitualmente, pero no siempre, se construyen a poca profundidad bajo la superficie, por lo que también son llamadas cimentaciones superficiales.

Una cimentación directa es aquella que reparte las cargas de la estructura en un plano de apoyo horizontal. Las cimentaciones directas se emplearán para trasmitir al terreno las cargas de uno o varios pilares de la estructura, de los muros de carga o de contención de tierras en los sótanos, de los forjados o de toda la estructura.

1.2. Diseño y elección del sistema.

Las losas de cimentación se utilizarán preferentemente para reducir los asientos diferenciales en terrenos heterogéneos, o cuando exista una variabilidad importante de cargas entre apoyos cercanos. El sistema de cimentación por losa tiende a integrar estas heterogeneidades, aunque a cambio de una distribución irregular de las presiones sobre el terreno.

La losa recogerá los elementos estructurales del edificio y cubrirá el área disponible, dando así lugar a la mínima presión unitaria, pero a la máxima anchura de cimentación. Especialmente en el caso de suelos compresibles de gran espesor, estas consideraciones pueden dar lugar a asientos considerables a no ser que se planteen compensaciones de carga.

También podrá ser conveniente una solución mediante losa cuando, aunque el terreno de apoyo sea homogéneo y resistente, el edificio contenga sótanos y su cota inferior se sitúe por debajo del nivel freático. En estos casos se debe tener en cuenta los posibles empujes ascensionales del agua subálvea (subpresión) y los requisitos de estanqueidad necesarios.

La cimentación compensada de edificios con zonas de diferente altura (y por tanto de peso) podrá requerir la disposición de un número variable de sótanos distribuidos de forma proporcional al número de plantas a construir por encima de la superficie del terreno. En estas circunstancias será preciso disponer juntas estructurales debidamente tratadas entre las diferentes zonas del edificio, e intentar que el centro de gravedad de las acciones de la estructura en cada zona coincida con el centro de gravedad de las losas, de forma que se reduzca cualquier tendencia al giro. Asimismo será necesario analizar con detalle los asientos inducidos sobre las construcciones colindantes.

1.3. Materiales empleados en el sistema.

Cumplirán las condiciones especificadas en el Capítulo VI, Materiales, de la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE, en la consideración de materiales.

Acero

Cumplirán todo lo referente al Artículo 32º Aceros para armaduras pasivas de la EHE-08

Se pueden utilizar los siguientes productos:
- Barras rectas o rollos de acero corrugado soldable.
- Alambres de acero corrugado o grafilado soldable.
- Alambres lisos de acero soldable.

Los alambres lisos sólo pueden emplearse como elementos de conexión de armaduras básicas electrosoldadas en celosía.

- Barras corrugadas de acero, de características físicas y mecánicas indicadas en proyecto.
- Mallas electrosoldadas de acero de características físicas y mecánicas indicadas en proyecto.

Hormigón

En el caso particular del hormigón, propiedades del cemento, contenido mínimo de cemento, relación agua/cemento y recubrimientos mínimos y nominales previstos, deberán cumplir con las condiciones de durabilidad, Artículo 37 Durabilidad del hormigón y de las armaduras, y apartado 8.2. Bases de cálculo orientadas a la durabilidad, del artículo 8 de la EHE-08

Las condiciones de durabilidad vienen fijadas conforme a las condiciones de agresividad definidas en el estudio geotécnico, (aguas freáticas y suelos), e informe de inspección preliminar

- Hormigón para armar (HA), de resistencia o dosificación especificados en proyecto.

Condiciones Geométricas.

Las condiciones geométricas de este tipo de cimentación son:

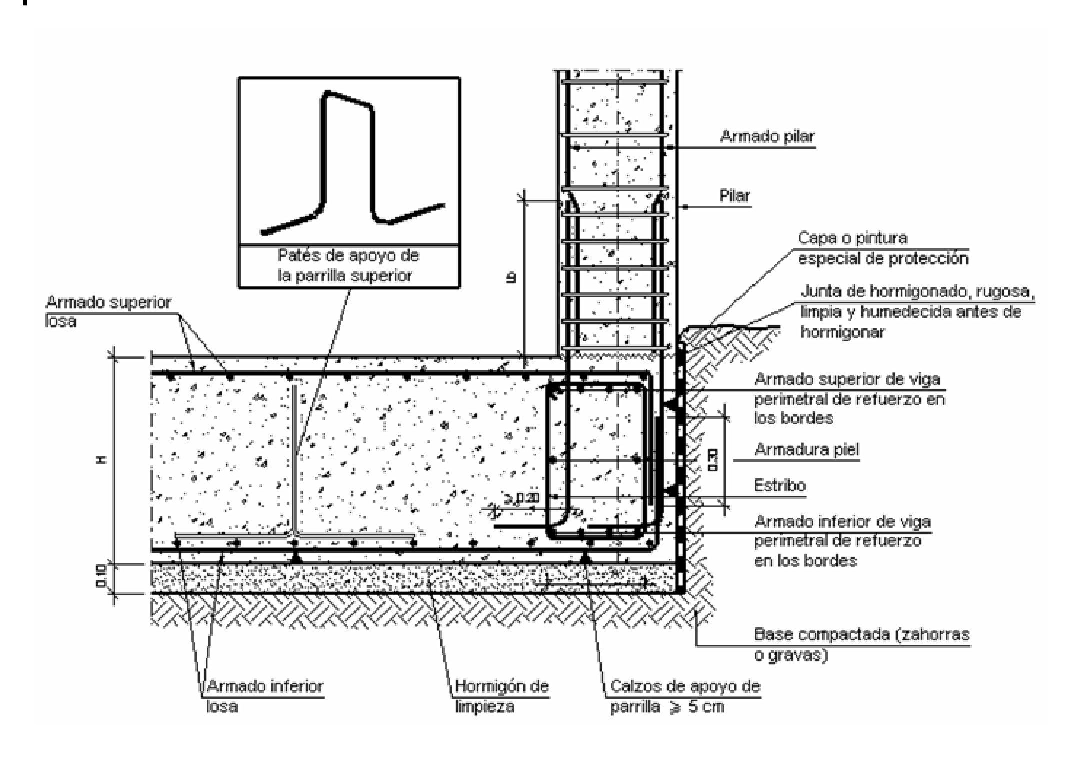
Bajo la losa deben disponerse siempre 10 cm de hormigón de limpieza, debiendo disponer las armaduras sobre separadores.

El canto mínimo en el borde de las losas de hormigón en masa no será inferior a 35cm. En cambio, el canto total mínimo en el borde de los elementos de cimentación de hormigón armado no será inferior a 25cm si se apoyan sobre el terreno. Art. 58.8.1 EHE

Se recomienda una separación máxima de armaduras no superior a 30 cm ni inferior a 10 cm. En ningún caso será inferior a tres veces el espesor bruto de la parte de la sección del elemento, alma o alas, en las que vayan situadas. Artículo 42.3.1

Los diámetros utilizados no deben ser inferiores a 12 mm para la armadura longitudinal y a 6 mm para la transversal.

Esquema de losa de cimentación.

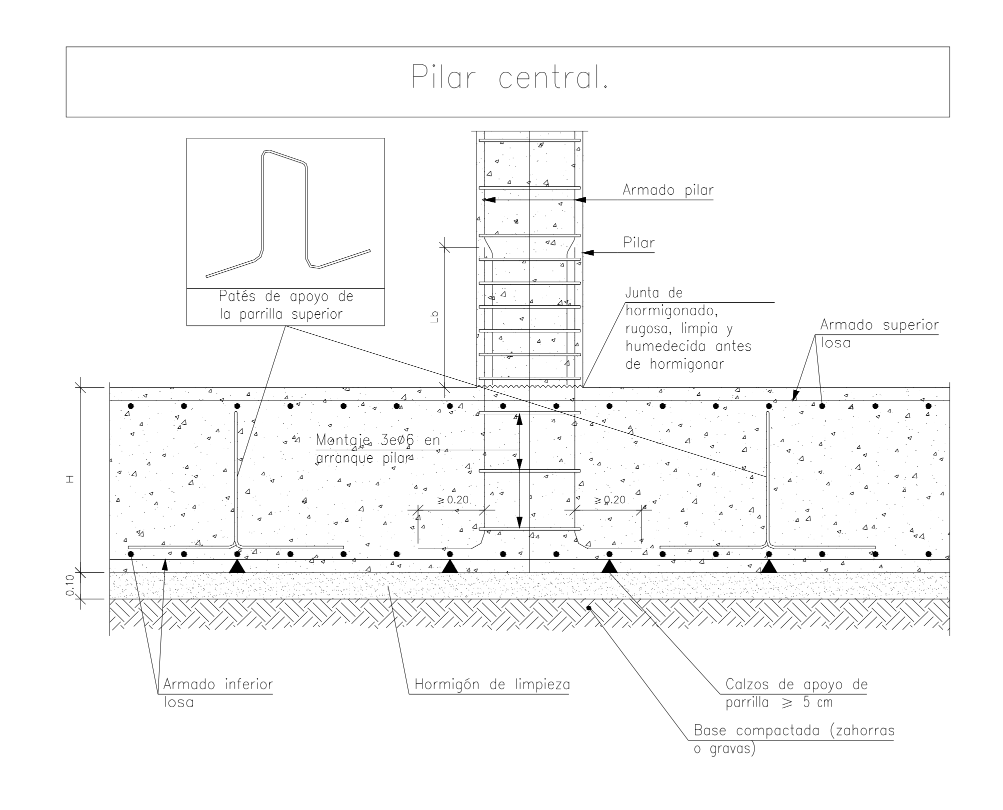


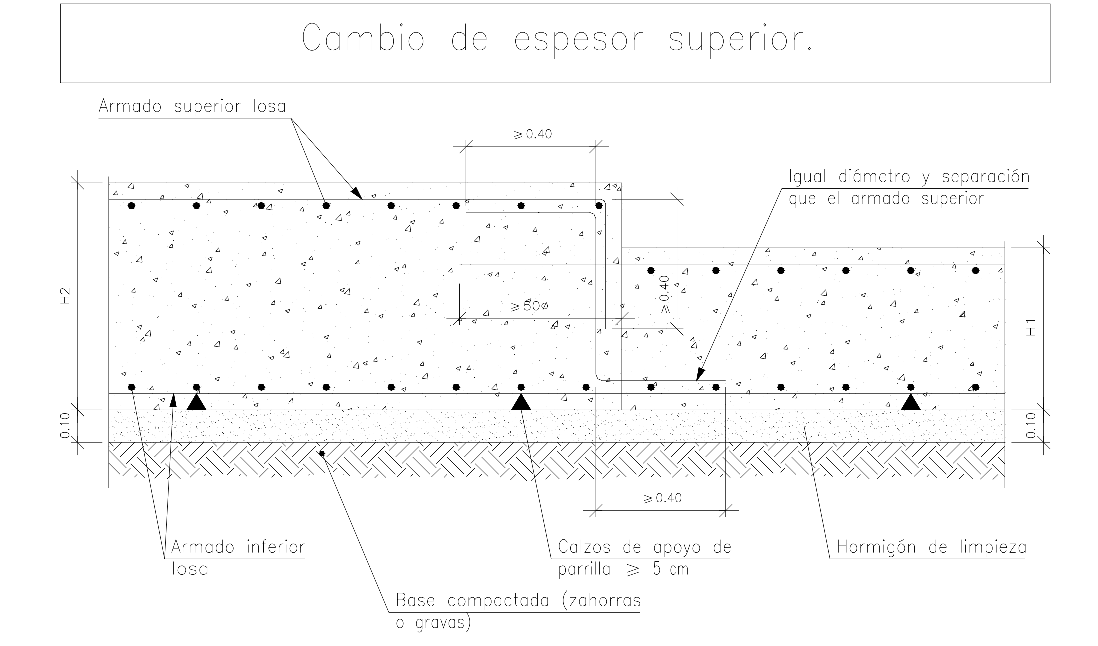
1.4. Detalles constructivos más representativos.

A continuación se incluyen varios detalles constructivos, los más usuales, que referencian la mayoría de puntos más importantes a controlar en la ejecución de las losas de cimentación.

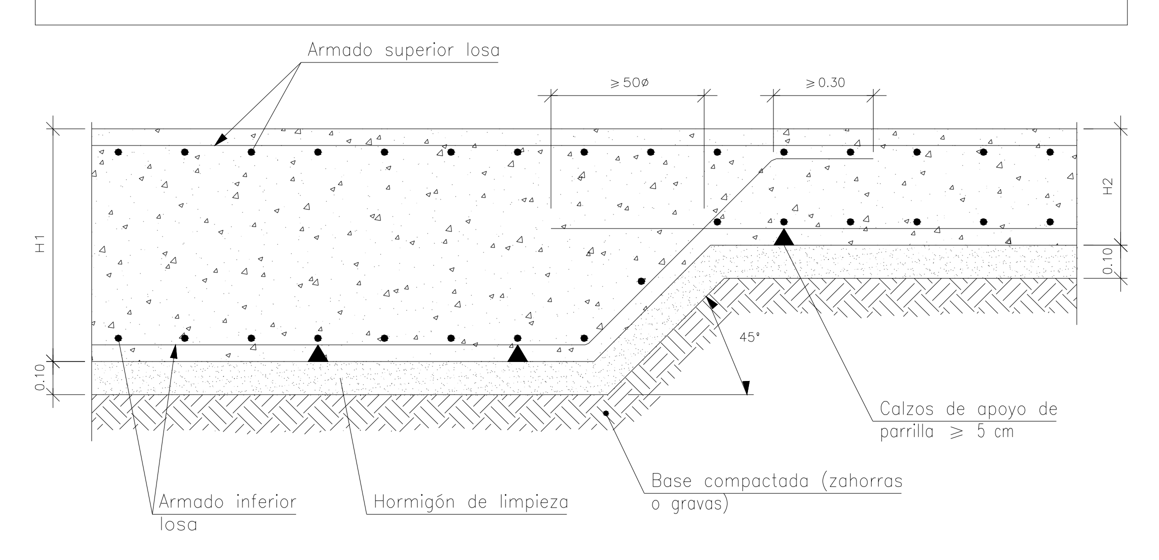
Los detalles son:

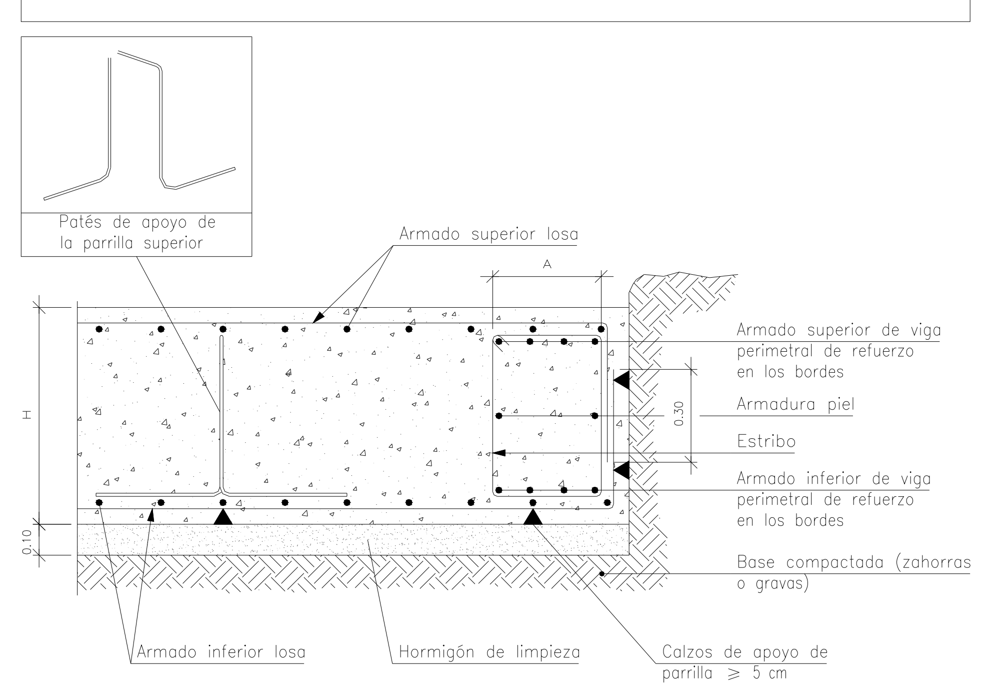
- Pilar central.
- Cambio de espesor superior.
- Cambio de espesor inferior.
- Viga perimetral de borde.
- Desnivel mayor que el canto de la losa.
- Desnivel menor que el canto de la losa.
- Pilar central con refuerzo a punzonamiento. Barras a 45 grados.
- Foso de ascensor.


Pilar central.
Armado pilar
Pilar
Patés de apoyo de la parrilla superior
Junta de hormigonado, rugosa, limpia y humedecida antes de hormigonar
Armado superior losa
Lb
Montaje 3eØ6 en arranque pilar
H
≥ 0.20
≥ 0.20
0.10
Armado inferior losa
Hormigón de limpieza
Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm
Base compactada (zahorras o gravas)

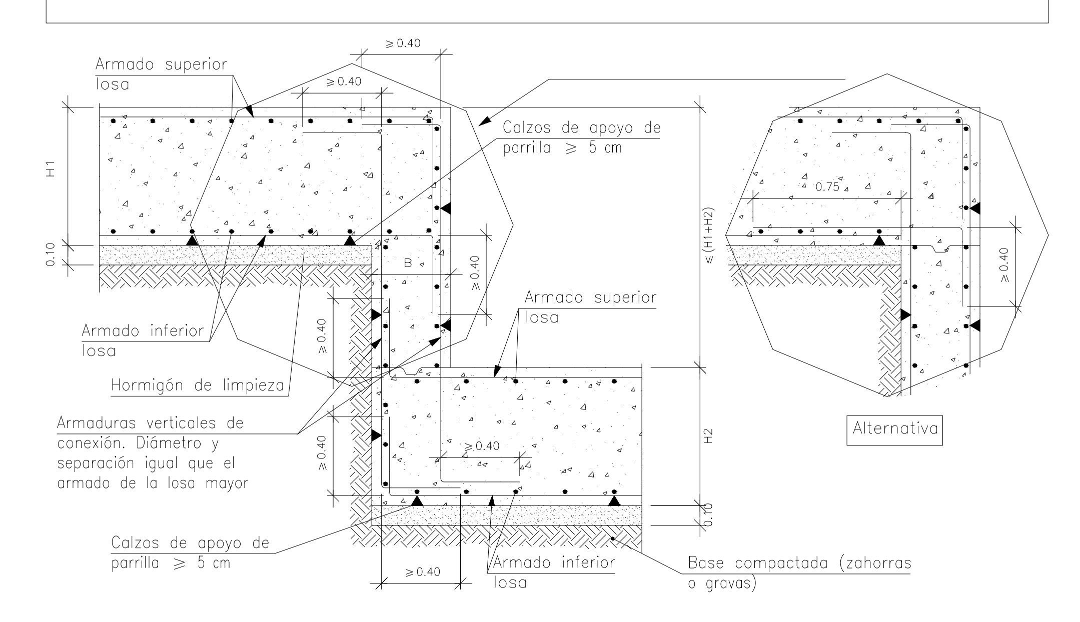

Cambio de espesor superior.
Armado superior losa
≥ 0.40
Igual diámetro y separación que el armado superior
H2
≥ 0.40
≥ 50Ø
H1
0.10
0.10
≥ 0.40
Armado inferior losa
Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm
Hormigón de limpieza
Base compactada (zahorras o gravas)

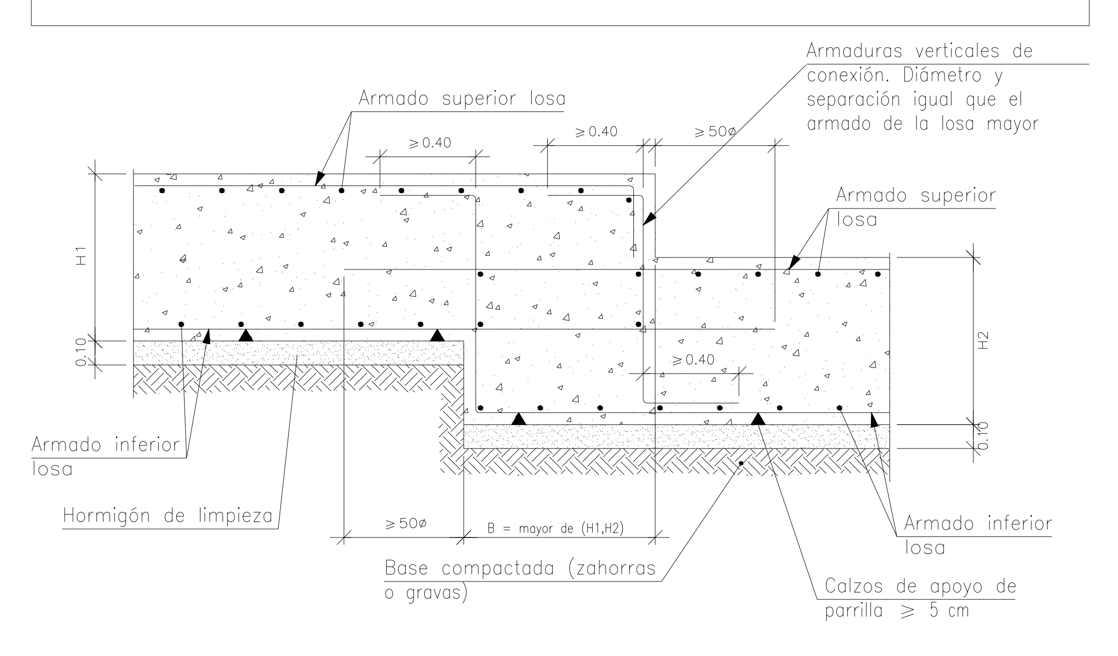

Cambio de espesor inferior.

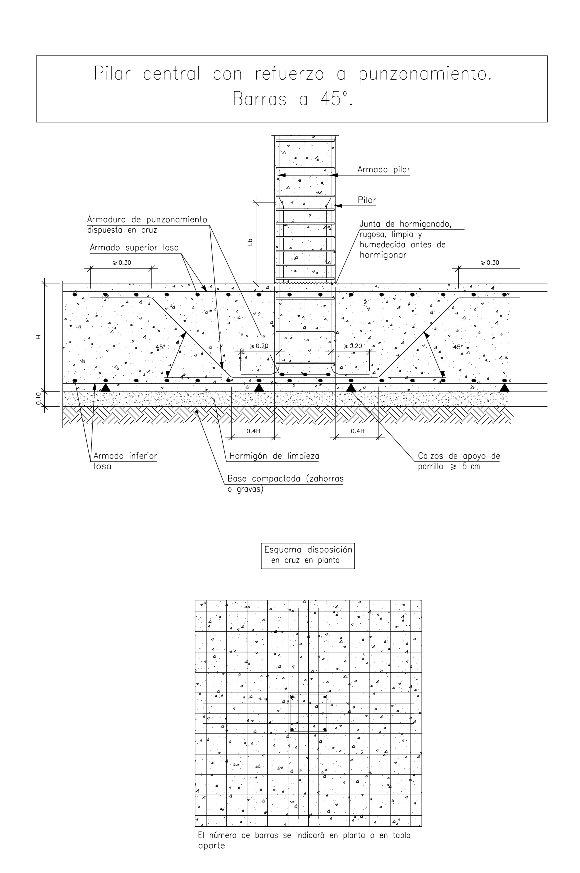

Armado superior losa
≥ 50ø
≥ 0.30
H1
H2
0.10
0.10
45°
Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm
Base compactada (zahorras o gravas)
Armado inferior losa
Hormigón de limpieza

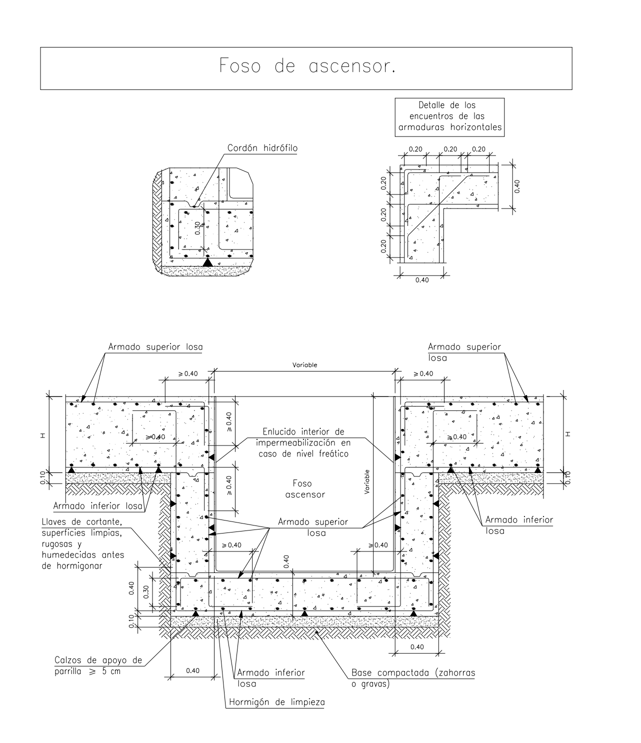

Viga perimetral de borde.
Patés de apoyo de la parrilla superior
Armado superior losa
A
Armado superior de viga perimetral de refuerzo en los bordes
Armadura piel
0.30
Estribo
Armado inferior de viga perimetral de refuerzo en los bordes
H
0.10
Base compactada (zahorras o gravas)
Armado inferior losa
Hormigón de limpieza
Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm


Desnivel mayor que el canto de la losa.


Armado superior losa
≥ 0.40
≥ 0.40
Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm
H1
0.10
B
≥ 0.40
≤ (H1+H2)
0.75
≥ 0.40
Armado inferior losa
Armado superior losa
Hormigón de limpieza
Armaduras verticales de conexión. Diámetro y separación igual que el armado de la losa mayor
≥ 0.40
≥ 0.40
≥ 0.40
H2
Alternativa
0.10
Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm
≥ 0.40
Armado inferior losa
Base compactada (zahorras o gravas)


Desnivel menor que el canto de la losa.
Armaduras verticales de conexión. Diámetro y separación igual que el armado de la losa mayor
Armado superior losa
≥ 0.40
≥ 0.40
≥ 50ø
Armado superior losa
H1
0.10
≥ 0.40
H2
0.10
Armado inferior losa
Hormigón de limpieza
≥ 50ø
B = mayor de (H1,H2)
Armado inferior losa
Base compactada (zahorras o gravas)
Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm


Pilar central con refuerzo a punzonamiento.
Barras a 45°.
Armado pilar
Pilar
Armadura de punzonamiento dispuesta en cruz
Armado superior losa
Junta de hormigonado, rugosa, limpia y humedecida antes de hormigonar
≥ 0.30
≥ 0.30
Lb
H
45°
≥ 0.20
≥ 0.20
45°
0.10
0.4H
0.4H
Armado inferior losa
Hormigón de limpieza
Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm
Base compactada (zahorras o gravas)
Esquema disposición en cruz en planta
El número de barras se indicará en planta o en tabla aparte


Foso de ascensor.
Detalle de los encuentros de las armaduras horizontales
Cordón hidrófilo
0.30
0.20
0.20
0.20
0.20
0.20
0.20
0.40
0.40
Armado superior losa
Armado superior losa
Variable
≥ 0.40
≥ 0.40
H
≥ 0.40
≥ 0.40
≥ 0.40
Enlucido interior de impermeabilización en caso de nivel freático
H
0.10
≥ 0.40
Foso ascensor
Variable
0.10
Armado inferior losa
Armado inferior losa
Llaves de cortante, superficies limpias, rugosas y humedecidas antes de hormigonar
Armado superior losa
≥ 0.40
≥ 0.40
0.40
0.40
0.30
0.10
0.40
Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm
0.40
Armado inferior losa
Base compactada (zahorras o gravas)
Hormigón de limpieza

1.5. Condiciones constructivas.

1.5.1. Precauciones contra defectos del terreno

Todas las cimentaciones directas sobre losas se conciben en la hipótesis de que el suelo situado debajo de las mismas se halle aproximadamente en el mismo estado en que fue encontrado durante las investigaciones realizadas para estudiarlos. Si el suelo contiene bolsadas blandas no detectadas por dichos reconocimientos, o si se altera la estructura del suelo durante su excavación, el asiento será mayor y más irregular de lo que se ha supuesto. Si dentro de la zona que pudiera quedar afectada por la losa se encuentran puntos excepcionalmente blandos, debe proyectarse de nuevo.

Todos los elementos encontrados en el fondo de las excavaciones, tales como rocas, restos de cimentaciones antiguas y, de una manera general, todos los lentejones resistentes susceptibles de formar puntos duros locales, serán retirados y se rebajará lo suficiente el nivel del fondo de la excavación para que la losa apoye en condiciones homogéneas.

De la misma manera, todos los lentejones o bolsadas más compresibles que el terreno en conjunto serán excavados y sustituidos por un suelo de compresibilidad sensiblemente equivalente a la del suelo general, o por hormigón en masa. El suelo de relleno debe compactarse convenientemente, pues una simple colocación por vertido no puede asegurar el grado de compresibilidad requerido.

1.5.2. Solera de asiento

Si las losas son de hormigón en masa o armado, sobre la superficie de la excavación debe extenderse una capa de hormigón, de regularización, que recibe el nombre de solera de asiento u hormigón de limpieza.

La solera de asiento tiene por misión crear una superficie plana y horizontal de apoyo de la losa y, en suelos permeables, evitar que penetre la lechada del hormigón estructural en el terreno y queden los áridos de la parte inferior mal recubiertos, en ningún caso servirá para rasantear cuando el fondo de la excavación existan fuertes irregularidades.

El espesor mínimo de la solera de asiento será de **10 cm**. El nivel de enrase de la solera de asiento será el previsto en el proyecto para la base de la losa. El perfil superior tendrá una terminación adecuada a la continuación de la obra.

1.5.3. Excavaciones

1.5.3.1. Terminación de las excavaciones

La terminación de la excavación en el fondo y las paredes debe tener lugar inmediatamente antes de la colocación de la solera de asiento, sea cual sea la naturaleza del terreno. Especialmente se tendrá en cuenta en terrenos arcillosos.

Si la solera de asiento no puede ponerse en obra inmediatamente después de terminada la excavación, debe dejarse ésta de 10 a 15 centímetros por encima de la cota definitiva de cimentación hasta el momento en que todo esté preparado para hormigonar.

La excavación debe hacerse con sumo cuidado para que la alteración de las características mecánicas del suelo sea la mínima inevitable.

Una vez hecha la excavación hasta la profundidad necesaria y antes de constituir la solera de asiento, se nivelará bien el fondo para que la superficie quede sensiblemente de acuerdo con el proyecto, y se limpiará y apisonará ligeramente.

1.5.3.2. Dimensiones de las excavaciones

La cota de profundidad de estas excavaciones será la prefijada en los planos, o las que el Director de Obra ordene por escrito o gráficamente a la vista de la naturaleza y condiciones del terreno excavado.

Aunque el terreno firme se encuentre muy superficial, es conveniente profundizar de 0,5 a 0,8 m por debajo de la rasante.



Excavación para losa.

Si los cimientos son muy largos es conveniente también disponer llaves o anclajes verticales más profundos, por lo menos cada 10 m.

1.5.3.3. Excavaciones para losas a diferentes niveles

En el caso de excavaciones para cimentaciones a diferentes niveles, la ejecución de los trabajos debe hacerse de modo que se evite todo deslizamiento de las tierras comprendidas entre los dos niveles distintos.

La inclinación de los taludes de separación entre losas a diferentes niveles debe ajustarse a las características del terreno. A efectos indicativos y salvo justificación en contra, la línea de unión de los bordes inferiores entre dos losas situadas a diferente nivel no debe superar una inclinación 1 H:1V en el caso de rocas y suelos duros, debiendo reducirse dicha inclinación a 2H:1 V para suelos flojos a medios.

1.5.3.4. Excavaciones en presencia de agua

En el caso de suelos permeables que requieran agotamiento del agua para realizar las excavaciones de las losas, el agotamiento se mantendrá durante toda la ejecución de los trabajos de cimentación.

El agotamiento debe realizarse de tal forma que no comprometa la estabilidad de los taludes o de las obras vecinas.

En el caso de excavaciones ejecutadas sin agotamiento en suelos arcillosos y con un contenido de humedad próximo al límite líquido, se procederá a un saneamiento del fondo de la excavación previo a la ejecución de la losa.

Cuando haya que efectuar un saneamiento temporal del fondo de las excavaciones por absorción capilar del agua del suelo, para permitir la ejecución en seco, en los suelos arcillosos, se emplearán materiales secos permeables.

En el caso de excavaciones ejecutadas con agotamiento en los suelos cuyo fondo sea suficientemente impermeable como para que el contenido de humedad no disminuya sensiblemente con los agotamientos, debe comprobarse, según las características del suelo, si es necesario proceder a un saneamiento previo de la capa inferior permeable, por agotamiento o por drenaje.

1.5.3.5. Drenajes y saneamiento del terreno

Siempre que se estime necesario, se realizará un drenaje del terreno de cimentación.

El drenaje se podrá realizar con drenes colocados en el fondo de zanjas, en unas perforaciones inclinadas con suficiente pendiente (por lo menos 5 cm por metro), mediante empedrados, o con otros materiales idóneos.

Los empedrados se rellenarán de cantos o grava gruesa, dispuestos en una zanja, cuyo fondo penetrará en la medida necesaria y tendrá una pendiente longitudinal de al menos 3 a 4 cm por metro. Con anterioridad a la colocación de la grava, en su caso se dispondrá un geotextil en la zanja que cumpla las condiciones de filtro necesarias para evitar la migración de materiales finos.

Se podrá también emplear un procedimiento mixto, de dren y empedrado, colocando un dren en el fondo del empedrado.

1.5.3.6. Precauciones contra el hielo

Si el fondo de la excavación se inunda y hiela, o presenta capas de agua transformadas en hielo, no se procederá a la construcción de la losa antes de que se haya producido el deshielo completo, o bien se haya excavado en mayor profundidad hasta retirar la capa de suelo helado.

La temperatura mínima de hormigonado será la indicada en la EHE:

- No se utilizarán áridos congelados.
- Se asegurará que la temperatura del hormigón recién elaborado sea la suficiente para que éste pueda permanecer por encima de lo 0º C hasta que se haya iniciado el fraguado y, con él, las reacciones exotérmicas de hidratación del cemento.

1.5.3.7. Precauciones contra aterramientos

Deben adoptarse las disposiciones necesarias para asegurar la protección de las cimentaciones contra los aterramientos, durante y después de la ejecución de aquéllas.

1.5.3.8. Precauciones contra la inundación

En el caso de inundación de las excavaciones durante los trabajos de cimentación, deben adoptar se las disposiciones necesarias de evacuación de las aguas. Estas disposiciones deben ser tales que en ningún momento, durante o después de la terminación de las obras, la acción del agua dé lugar a aterramientos, erosión, o puesta en carga imprevista de las obras, que puedan comprometer su estabilidad.

1.5.4. Ejecución de losas de hormigón armado

El recubrimiento mínimo de la armadura se ajustará a las especificaciones de la EHE. Los emparrillados o armaduras que se coloquen en el fondo de la losa, se apoyarán sobre tacos de mortero rico que sirvan de espaciadores. No se apoyarán sobre camillas metálicas que después del hormigonado queden en contacto con la superficie del terreno, por favorecer la oxidación de las armaduras.

Las armaduras verticales de los pilares deben penetrar en la losa hasta el nivel de la capa inferior de armadura de ésta.



Armaduras de espera.

Las losas se hormigonarán a sección de excavación completa, después de la limpieza del fondo, si las paredes de la excavación presentan una cohesión suficiente. En caso contrario, el hormigonado se ejecutará entre encofrados que eviten los desprendimientos.



Hormigonado de losa.

Si el nivel de fabricación del hormigón es superior al de hormigonado de las losas, la colocación del hormigón se efectuará mediante los dispositivos necesarios para evitar la caída libre del hormigón. La colocación directa no debe hacerse más que entre niveles de aprovisionamiento y de ejecución sensiblemente equivalentes.

No debe circularse sobre el hormigón fresco.

2. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL.

Como en cada uno de los tipos de cimentación que estamos estudiando, para completar un estudio que ayude a una mejor ejecución de cada trabajo, se hace necesario empezar a estudiar cada trabajo mucho antes de que este realmente sea iniciado.
Por ello, debemos diferenciar 2 tipos básicos de procedimientos de control de los trabajos:

- Procedimiento de Control de Proyecto, donde, resumiendo mucho, se revisará la documentación previa existente (proyecto, estudio geotécnico, informes, etc) para, saber qué es lo que vamos a hacer y de qué forma, y detectar errores, incongruencias o falta de información antes de que nos sea necesaria.

- Procedimiento de Control de Ejecución, en el que comprobaremos que la obra se está ejecutando conforme a proyecto y conforme a las directrices de la normativa que le sea de aplicación. Para finalizar comprobaremos que lo ejecutado cumple con los cánones de calidad que le son exigibles mediante los pertinentes ensayos.

Estos apartados serán desarrollados en el punto 8. ANEXOS.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO.

3.1. Introducción.

Cuando son insuficientes otros tipos de cimentación o se prevean asientos diferenciales en el terreno, aplicamos la cimentación por losas
.
En general, cuando la superficie de cimentación mediante zapatas aisladas o corridas es superior al 50 % de la superficie total del solar, es conveniente el estudio de cimentación por placas o losas.

También es frecuente su aplicación cuando la tensión admisible del terreno es menor de 0.8 Kg/cm2.

Definición:
Elemento estructural de hormigón armado cuyas dimensiones en planta son muy elevadas respecto a su canto.
Define un plano normal a la dirección de los soportes.

Campo de aplicación:
-Los asientos en una cimentación directa son aproximadamente el doble de lo admisible.
-Para el sellado de cubetas sometidas a una subpresión, evitando así que fluya el agua en un sótano.
-Estanqueidad de sótanos.
-Para la estabilidad de una cimentación por placa o losa es condición indispensable que la resultante de cargas y la reacción del terreno sean colineales y pasen por el centro de gravedad de la placa.

Tipología de losas:
De espesor constante
Con refuerzos o capiteles
Nervada
Aligerada
Especiales con alveolos. En forma de cajón.

3.2. Forma de trabajo.

Su forma de trabajo es inversa a la de un forjado unidireccional.

En la placa los pilares están más próximos y trabajan en las dos direcciones.
Si es necesario se hormigona en fases siguiendo este procedimiento:

Primer día la cara inferior para sujetar sobre ella el encofrado de las vigas reversas que sobresalen.
Día siguiente la cara o mitad superior hasta llegar a una junta de momento flector igual a 0
Tercer día se hormigonaría lo restante.

Disposición de las armaduras:

Se dispone de barras dobladas en las dos direcciones para absorción del cortante cuando el canto de hormigón no es suficiente.
Las armaduras se colocan:

Dos mallazos de montaje, armaduras de momento positivo y momento negativo en la dirección de los pilares, a modo de vigas reversas y las barras dobladas necesarias para la absorción del cortante en las proximidades de los pilares .



Losa ferrallada.

3.3. Proceso constructivo.

A ser posible se sigue el siguiente procedimiento:

Capa de bolos o piedra de escollera apisonadas en el suelo para evitar que suba el agua por capilaridad.
Dos capas de zahorra compactas.
Hormigón de regularización.
Membrana impermeabilizante.
Capa de hormigón de áridos finos (5 cm) para proteger la membrana.
Mallazo con calzos.
Armaduras de refuerzo y de momento negativo.
Mallazo superior con los distanciadores además de armadura de refuerzo y de momento positivo mas armaduras de cortante.
Armaduras de los enanos de pilares con sus cercos.
Vertido de hormigón por tongadas y vibrado, excepto en zona del pilar.

3.4. Aspectos a tener en cuenta.

Disponer bajo la losa una capa de hormigón de regularización de 10 cm y apoyar las armaduras en el mediante los calzos.
Si es posible, conviene que las losas sean de espesor constante.
La junta placa soporte será muy rugosa.
Las juntas coincidirán con las juntas de retracción para disminuir el número de ellas y evitar que el hormigón dilate en función del clima.
Las juntas tendrán el tratamiento adecuado y estarán en los lugares de momento flector mínimo y se dispondrán en el talud natural del hormigón.
El canto mínimo será de 25 cm.
Separación entre armaduras más de 10 cm y menos de 30 cm.
Recubrimiento lateral más de 5 cm, con el hormigón de limpieza entre 5 y 10 cm.
Evitar que la diferencia de cargas en distintas direcciones de pilares sea mayor del 50%.

4. LISTAS DE COMPROBACIÓN.

Se realizará cada una de las siguientes verificaciones, según se detalla cada apartado en los anexos

1. Control de recepción de materiales certificados
   - 1.1. Suministro.
   - 1.2. Distintivos de calidad.
   - 1.3. Ensayos.
2. Control de recepción de materiales no certificados.
   - 2.1. Suministro.
   - 2.2. Ensayos.
3. Control de ejecución.
   - 3.1. Replanteo y geometría.
   - 3.2. Materiales.
     - 3.2.1. Hormigón fabricado en central.
     - 3.2.2. Hormigón fabricado en obra.
     - 3.2.3. Barras de acero.
   - 3.3. Verificaciones previas.
     - 3.3.1. Excavaciones.
     - 3.3.2. Cimientos.
   - 3.4. Colocación y ejecución.
     - 3.4.1. Excavaciones.
     - 3.4.2. Armados para hormigón.
       - 3.4.2.1. Sujeción.
       - 3.4.2.2. Empalme para hormigón.
       - 3.4.2.3. Separadores.
       - 3.4.2.4. Cortado.
     - 3.4.3. Encofrados y desencofrados.
       - 3.4.3.1. Diseño.
       - 3.4.3.2. Puesta en obra de los encofrados.
       - 3.4.3.3. Material.
     - 3.4.4. Hormigonado.
       - 3.4.4.1. Condiciones encofrados.
     - 3.4.5. Uniones elementos.
       - 3.4.5.1. Genérico.
       - 3.4.5.2. Hormigón / Hormigón.
       - 3.4.5.3. Hormigón / Perfiles metálicos.
       - 3.4.5.4. Hormigón / Cerámica.
       - 3.4.5.5. Hormigón / Bloque.
       - 3.4.5.6. Hormigón / Madera.
4. Control de la obra acabada.
5. Verificaciones posteriores.
6. Estructura de hormigón.

5.3 ZAPATAS.

Las zapatas pueden ser clasificadas de diferentes formas. Para el presente trabajo vamos a tener en cuenta la clasificación que las divide en zapatas aisladas y zapatas corridas.

ZAPATAS AISLADAS

Es aquella zapata en al que descansa o recae un solo pilar. Encargada de transmitir a través de su superficie de cimentación las cargas al terreno.

- Aislada propiamente dicha
- Centrada
- Combinada
- Medianera.
- Esquina

ZAPATAS CORRIDAS

Las zapatas corridas pueden ser bajo muros, o bajo pilares, y se define como la que recibe cargas lineales, en general a través de un muro, que si es de hormigón armado, puede transmitir un momento flector a la cimentación.

Son cimentaciones de gran longitud en comparación con su sección transversal.
Las zapatas corridas están indicadas cuando:

- Se trata de cimentar un elemento continuo, como por ejemplo un muro.
- Queremos homogeneizar los asientos de una alineación de pilares y nos sirve de arriostramiento.
- Queremos reducir el trabajo del terreno.
- Para puentear defectos y heterogeneidades del terreno.
- Por la proximidad de zapatas aisladas, resulta más sencillo realizar una zapata corrida.

5.3.1 ZAPATAS CORRIDAS.

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.



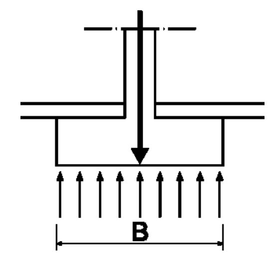
Zapatas corridas.

1.1. Concepto y descripción de unidades más frecuentes.

Las zapatas corridas son un tipo de cimentación directa usada usualmente como base de cimentación de muros verticales de carga, cerramiento o arriostramiento, centrados o de medianería, pertenecientes a estructuras de edificación.

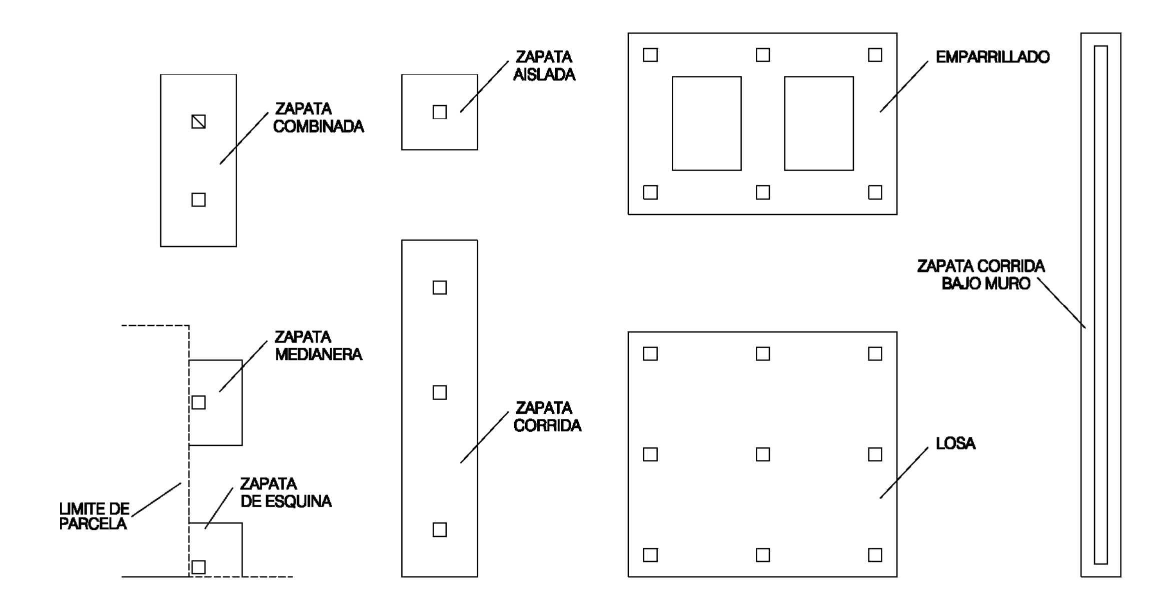
Consiste en un elemento de hormigón en masa o armado, con planta rectangular, como cimentación de muros pertenecientes a estructuras de edificación, sobre suelos homogéneos de estratigrafía sensiblemente horizontal.

Una cimentación directa es aquella que reparte las cargas de la estructura en un plano de apoyo horizontal. Las cimentaciones directas se emplearán para trasmitir al terreno las cargas de uno o varios pilares de la estructura, de los muros de carga o de contención de tierras en los sótanos, de los forjados o de toda la estructura.



Cuando las condiciones lo permitan se emplearán cimentaciones directas, que habitualmente, pero no siempre, se construyen a poca profundidad bajo la superficie, por lo que también son llamadas cimentaciones superficiales.

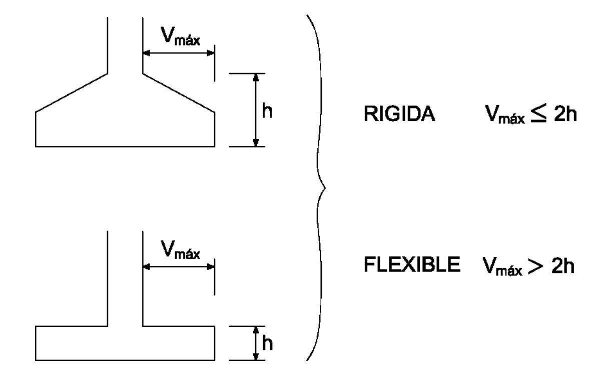
Otros tipos de cimentaciones superficiales son los representados en la siguiente figura:



1.2. Diseño y elección del sistema.

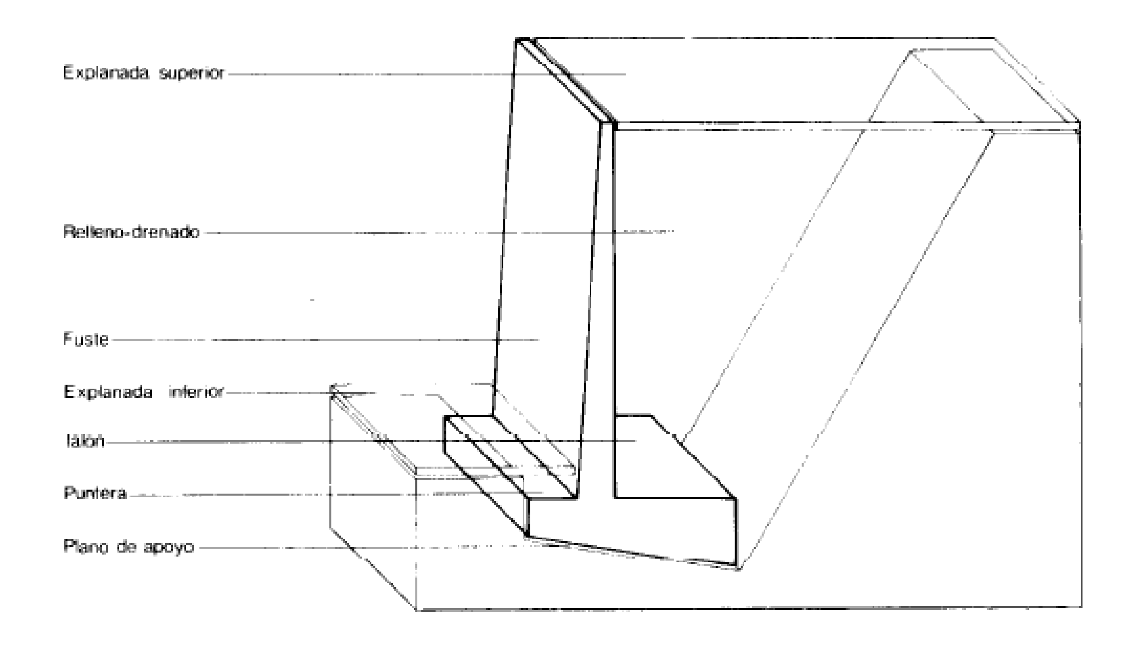
Cuando el terreno sea firme y competente, se pueda cimentar con una presión media alta y se esperen asientos pequeños o moderados, la cimentación normal de los muros de un edificio estará basada en zapatas corridas, excepto claro está para los muros pantalla.

Desde el punto de vista estructural se tendrán en cuenta las prescripciones de la instrucción EHE-08, y se considerarán estructuralmente rígidas las zapatas cuyo vuelo v, en la dirección principal de mayor vuelo, sea menor o igual que dos veces el canto h ($v \leq 2h$). Las zapatas se considerarán flexibles en caso contrario ($v>2h$).



Concepto de rigidez estructural.

Las partes que conforman una zapata corrida pueden ser: La puntera, talón y tacón. Pudiendo prescindir de la parte trasera, el talón y el tacón, dependiendo de su uso y posición. Generalmente el plano de apoyo será horizontal excepto en casos singulares que el cálculo así lo determine.



Se dispondrá una zanja de cimentación debajo de cada muro de carga y/o de arriostramiento.
Las juntas de la estructura no se prolongarán en la cimentación, siendo, por tanto, la zapata continua en toda la zanja.
En muros con huecos de paso o perforaciones cuyas dimensiones sean menores que los valores límites establecidos en las NTE, la zapata será pasante, en caso contrario se interrumpirá como si se tratara de dos muros independientes.
Las zapatas se prolongarán una dimensión igual a su vuelo, en los extremos libres de los muros.
En las edificaciones en las que se prevea o exista la posibilidad de movimientos horizontales, como en las situadas en las proximidades de taludes, vaciados, etc., y/o movimientos en general no compatibles con el buen uso del edificio, las zapatas corridas serán objeto de un estudio especial.

1.3. Materiales empleados en el sistema.

Cumplirán las condiciones especificadas en el Capítulo VI, Materiales, de la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE, en la consideración de materiales.

Acero
Cumplirán todo lo referente al Artículo 32º Aceros para armaduras pasivas de la EHE-08

Se pueden utilizar los siguientes productos:
- Barras rectas o rollos de acero corrugado soldable.
- Alambres de acero corrugado o grafilado soldable.
- Alambres lisos de acero soldable.

Los alambres lisos sólo pueden emplearse como elementos de conexión de armaduras básicas electrosoldadas en celosía.

- Barras corrugadas de acero, de características físicas y mecánicas indicadas en proyecto.
- Mallas electrosoldadas de acero de características físicas y mecánicas indicadas en proyecto.

Hormigón

En el caso particular del hormigón, propiedades del cemento, contenido mínimo de cemento, relación agua/cemento y recubrimientos mínimos y nominales previstos, deberán cumplir con las condiciones de durabilidad, Artículo 37 Durabilidad del hormigón y de las armaduras, y apartado 8.2. Bases de cálculo orientadas a la durabilidad, del artículo 8 de la EHE-08

Las condiciones de durabilidad vienen fijadas conforme a las condiciones de agresividad definidas en el estudio geotécnico, (aguas freáticas y suelos), e informe de inspección preliminar

- Hormigón para armar (HA), de resistencia o dosificación especificados en proyecto.

Condiciones Geométricas.

Las condiciones geométricas de este tipo de cimentación son:

a) Bajo la zapata deben disponerse siempre 10 cm. de hormigón de limpieza, debiendo disponer las armaduras sobre separadores.
b) El canto mínimo en el borde de las zapatas de hormigón en masa no será inferior a 35cm. En cambio, el canto total mínimo en el borde de

los elementos de cimentación de hormigón armado no será inferior a 25cm si se apoyan sobre el terreno. Art. 58.8.1 EHE

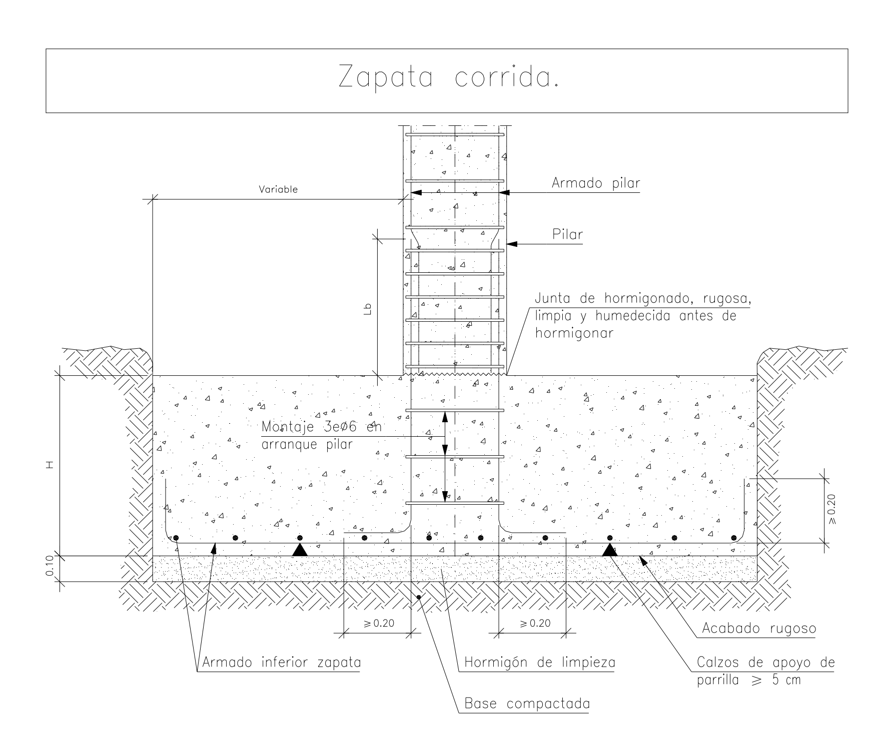
c) Se recomienda una separación máxima de armaduras no superior a 30 cm, ni inferior a 10 cm. En ningún caso será inferior a tres veces el espesor bruto de la parte de la sección del elemento, alma o alas, en las que vayan situadas. Artículo 42.3.1

d) El ancho y canto de las vigas de atado es superior a 1/20 de la luz libre.

e) En las vigas centradoras o vigas de atado la separación entre cercos debe ser inferior a 15 diámetros, 30 cm y 0,85 veces el ancho y/o canto de la viga.

f) Los diámetros utilizados no deben ser inferiores a 12 mm para la armadura longitudinal y a 6 mm para la transversal.

Esquema de zapata corrida

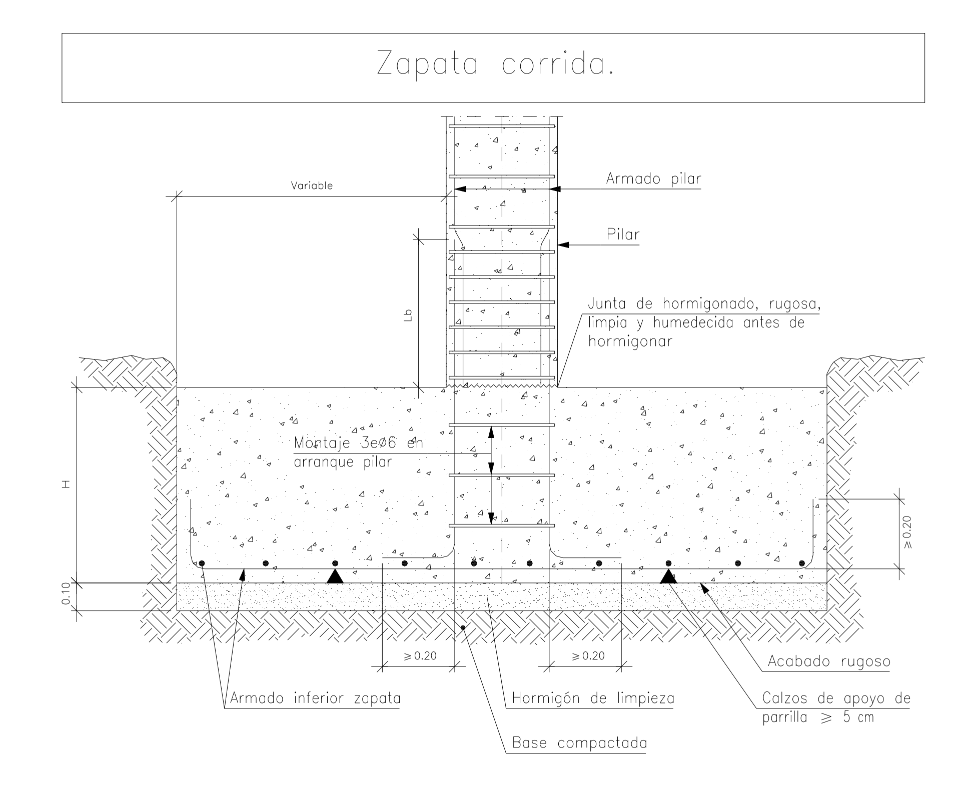


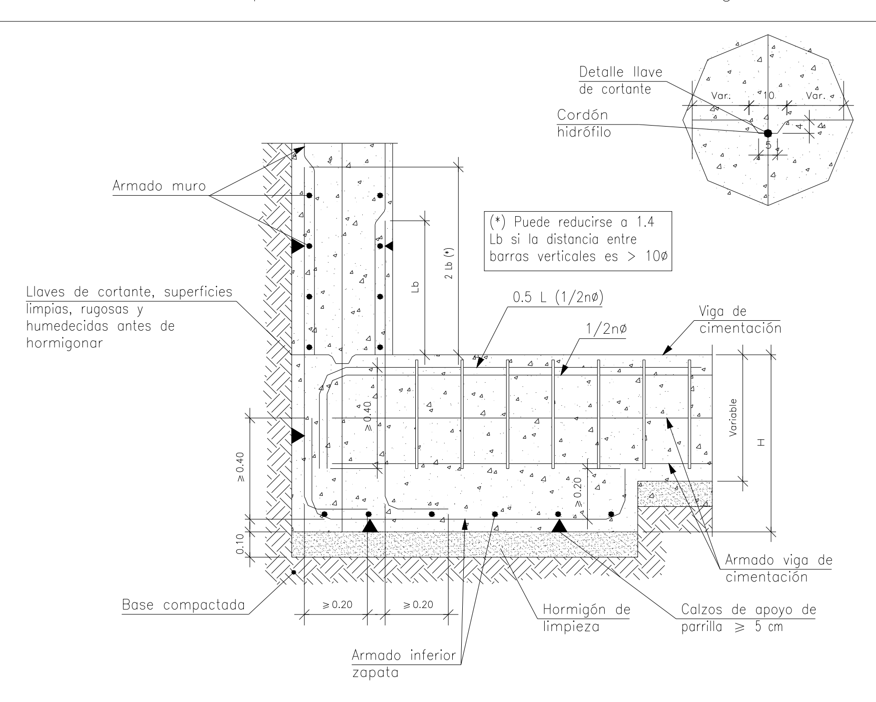
1.4. Detalles constructivos más representativos.

A continuación se incluyen varios detalles constructivos, los más usuales, que referencian la mayoría de puntos más importantes a controlar en la ejecución de las zapatas corridas.

Los detalles son:

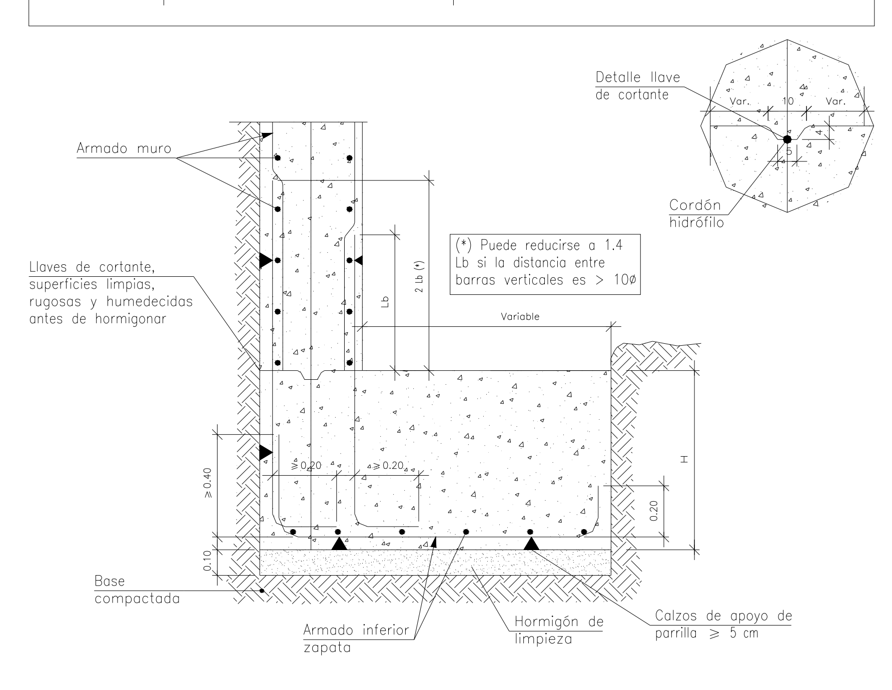
- Zapata corrida.
- Arranque de muro en zapata corrida descentrada con viga de cimentación.
- Arranque de muro en zapata corrida descentrada.
- Arranque de muro en zapata corrida centrada con solera estructural.


Zapata corrida.
Variable
Armado pilar
Pilar
Lb
Junta de hormigonado, rugosa, limpia y humedecida antes de hormigonar
Montaje 3eø6 en arranque pilar
H
≥ 0.20
0.10
≥ 0.20
≥ 0.20
Acabado rugoso
Armado inferior zapata
Hormigón de limpieza
Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm
Base compactada

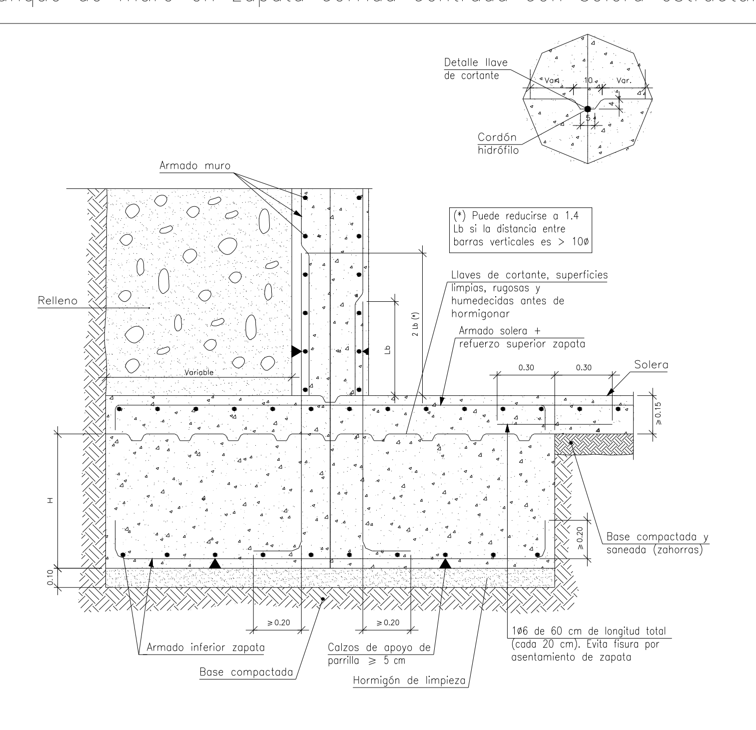

Arranque de muro en zapata corrida descentrada con viga de cimentación.
Detalle llave de cortante
Cordón hidrófilo
Var.
10
Var.
4
5
Armado muro
(*) Puede reducirse a 1.4 Lb si la distancia entre barras verticales es > 10ø
2 Lb (*)
Lb
Llaves de cortante, superficies limpias, rugosas y humedecidas antes de hormigonar
0.5 L (1/2nø)
1/2nø
Viga de cimentación
≥ 0.40
Variable
H
≥ 0.40
≥ 0.20
0.10
Armado viga de cimentación
Base compactada
≥ 0.20
≥ 0.20
Hormigón de limpieza
Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm
Armado inferior zapata




Arranque de muro en zapata corrida descentrada.



Arranque de muro en zapata corrida centrada con solera estructural.



1.5. Condiciones constructivas.

1.5.1. Precauciones contra defectos del terreno

Todas las cimentaciones directas sobre zapatas se conciben en la hipótesis de que el suelo situado debajo de las mismas se halle aproximadamente en el mismo estado en que fue encontrado durante las investigaciones realizadas para estudiarlos. Si el suelo contiene bolsadas blandas no detectadas por dichos reconocimientos, o si se altera la estructura del suelo durante su excavación, el asiento será mayor y más irregular de lo que se ha supuesto. Si dentro de la zona que pudiera quedar afectada por la zapata se encuentran puntos excepcionalmente blandos, debe proyectarse de nuevo la zapata.

Todos los elementos encontrados en el fondo de las excavaciones, tales como rocas, restos de cimentaciones antiguas y, de una manera general, todos los lentejones resistentes susceptibles de formar puntos duros locales, serán retirados y se rebajará lo suficiente el nivel del fondo de la excavación para que las zapatas apoyen en condiciones homogéneas.

De la misma manera, todos los lentejones o bolsadas más compresibles que el terreno en conjunto serán excavados y sustituidos por un suelo de compresibilidad sensiblemente equivalente a la del suelo general, o por hormigón en masa. El suelo de relleno debe compactarse convenientemente, pues una simple colocación por vertido no puede asegurar el grado de compresibilidad requerido.



Excavaciónes.

1.5.2. Solera de asiento

Si las zapatas son de hormigón en masa o armado, sobre la superficie de la excavación debe extenderse una capa de hormigón, de regularización, que recibe el nombre de solera de asiento u hormigón de limpieza.

La solera de asiento tiene por misión crear una superficie plana y horizontal de apoyo de la zapata y, en suelos permeables, evitar que penetre la lechada del hormigón estructural en el terreno y queden los áridos de la parte inferior mal recubiertos, en ningún caso servirá para rasantear cuando el fondo de la excavación existan fuertes irregularidades.

El espesor mínimo de la solera de asiento será de 10 cm. El nivel de enrase de la solera de asiento será el previsto en el proyecto para la base de las zapatas y las vigas riostras. El perfil superior tendrá una terminación adecuada a la continuación de la obra.

1.5.3. Excavaciones

1.5.3.1. Terminación de las excavaciones

La terminación de la excavación en el fondo y las paredes debe tener lugar inmediatamente antes de la colocación de la solera de asiento, sea cual sea la naturaleza del terreno. Especialmente se tendrá en cuenta en terrenos arcillosos.

Si la solera de asiento no puede ponerse en obra inmediatamente después de terminada la excavación, debe dejarse ésta de 10 a 15 centímetros por encima de la cota definitiva de cimentación hasta el momento en que todo esté preparado para hormigonar.

La excavación debe hacerse con sumo cuidado para que la alteración de las características mecánicas del suelo sea la mínima inevitable.

Una vez hecha la excavación hasta la profundidad necesaria y antes de constituir la solera de asiento, se nivelará bien el fondo para que la superficie quede sensiblemente de acuerdo con el proyecto, y se limpiará y apisonará ligeramente.

1.5.3.2. Dimensiones de las excavaciones

Las zanjas tendrán las dimensiones fijadas en el proyecto.

La cota de profundidad de estas excavaciones será la prefijada en los planos, o las que el Director de Obra ordene por escrito o gráficamente a la vista de la naturaleza y condiciones del terreno excavado.

Aunque el terreno firme se encuentre muy superficial, es conveniente profundizar de 0,5 a 0,8 m por debajo de la rasante.

Si los cimientos son muy largos es conveniente también disponer llaves o anclajes verticales más profundos, por lo menos cada 10 m.

1.5.3.3. Excavaciones para zapatas a diferentes niveles

En el caso de excavaciones para cimentaciones a diferentes niveles, la ejecución de los trabajos debe hacerse de modo que se evite todo deslizamiento de las tierras comprendidas entre los dos niveles distintos.

La inclinación de los taludes de separación entre zapatas a diferentes niveles debe ajustarse a las características del terreno. A efectos indicativos y salvo justificación en contra, la línea de unión de los bordes inferiores entre dos zapatas situadas a diferente nivel no debe superar una inclinación 1 H:1V en el caso de rocas y suelos duros, debiendo reducirse dicha inclinación a 2H:1 V para suelos flojos a medios.

1.5.3.4. Excavaciones en presencia de agua

En el caso de suelos permeables que requieran agotamiento del agua para realizar las excavaciones de las zapatas, el agotamiento se mantendrá durante toda la ejecución de los trabajos de cimentación.

El agotamiento debe realizarse de tal forma que no comprometa la estabilidad de los taludes o de las obras vecinas.

En el caso de excavaciones ejecutadas sin agotamiento en suelos arcillosos y con un contenido de humedad próximo al límite líquido, se procederá a un saneamiento del fondo de la excavación previo a la ejecución de las zapatas.

Cuando haya que efectuar un saneamiento temporal del fondo de las excavaciones por absorción capilar del agua del suelo, para permitir la ejecución en seco, en los suelos arcillosos, se emplearán materiales secos permeables.

En el caso de excavaciones ejecutadas con agotamiento en los suelos cuyo fondo sea suficientemente impermeable como para que el contenido de humedad no disminuya sensiblemente con los agotamientos, debe comprobarse, según las características del suelo, si es necesario proceder a un saneamiento previo de la capa inferior permeable, por agotamiento o por drenaje.

1.5.3.5. Drenajes y saneamiento del terreno

Siempre que se estime necesario, se realizará un drenaje del terreno de cimentación.

El drenaje se podrá realizar con drenes colocados en el fondo de zanjas, en unas perforaciones inclinadas con suficiente pendiente (por lo menos 5 cm por metro), mediante empedrados, o con otros materiales idóneos.

Los empedrados se rellenarán de cantos o grava gruesa, dispuestos en una zanja, cuyo fondo penetrará en la medida necesaria y tendrá una pendiente longitudinal de al menos 3 a 4 cm por metro. Con anterioridad a la colocación de la grava, en su caso se dispondrá un geotextil en la zanja que cumpla las condiciones de filtro necesarias para evitar la migración de materiales finos.

Se podrá también emplear un procedimiento mixto, de dren y empedrado, colocando un dren en el fondo del empedrado.

1.5.3.6. Precauciones contra el hielo

Si el fondo de la excavación se inunda y hiela, o presenta capas de agua transformadas en hielo, no se procederá a la construcción de la zapata antes de que se haya producido el deshielo completo, o bien se haya excavado en mayor profundidad hasta retirar la capa de suelo helado.

La temperatura mínima de hormigonado será la indicada en la EHE:

- No se utilizarán áridos congelados.
- Se asegurará que la temperatura del hormigón recién elaborado sea la suficiente para que éste pueda permanecer por encima de lo 0º C hasta que se haya iniciado el fraguado y, con él, las reacciones exotérmicas de hidratación del cemento.

1.5.3.7. Precauciones contra aterramientos

Deben adoptarse las disposiciones necesarias para asegurar la protección de las cimentaciones contra los aterramientos, durante y después de la ejecución de aquéllas.

1.5.3.8. Precauciones contra la inundación

En el caso de inundación de las excavaciones durante los trabajos de cimentación, deben adoptar se las disposiciones necesarias de evacuación de las aguas. Estas disposiciones deben ser tales que en ningún momento, durante o después de la terminación de las obras, la acción del agua dé lugar a aterramientos, erosión, o puesta en carga imprevista de las obras, que puedan comprometer su estabilidad.

1.5.4. Ejecución de zapatas de hormigón armado

El recubrimiento mínimo de la armadura se ajustará a las especificaciones de la EHE. Los emparrillados o armaduras que se coloquen en el fondo de las zapatas, se apoyarán sobre tacos de mortero rico que sirvan de espaciadores. No se apoyarán sobre camillas metálicas que después del hormigonado queden en contacto con la superficie del terreno, por favorecer la oxidación de las armaduras.

Las armaduras verticales de los pilares deben penetrar en la zapata hasta el nivel de la capa inferior de armadura de ésta.

Las zapatas se hormigonarán a sección de excavación completa, después de la limpieza del fondo, si las paredes de la excavación presentan una cohesión suficiente. En caso contrario, el hormigonado se ejecutará entre encofrados que eviten los desprendimientos.

Si el nivel de fabricación del hormigón es superior al de hormigonado de las zapatas, la colocación del hormigón se efectuará mediante los dispositivos necesarios para evitar la caída libre del hormigón. La colocación directa no debe hacerse más que entre niveles de aprovisionamiento y de ejecución sensiblemente equivalentes.

No debe circularse sobre el hormigón fresco.



Zapatas corridas ejecutadas.

2. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL.

Como en cada uno de los tipos de cimentación que estamos estudiando, para completar un estudio que ayude a una mejor ejecución de cada trabajo, se hace necesario empezar a estudiar cada trabajo mucho antes de que este realmente sea iniciado.
Por ello, debemos diferenciar 2 tipos básicos de procedimientos de control de los trabajos:

- Procedimiento de Control de Proyecto, donde, resumiendo mucho, se revisará la documentación previa existente (proyecto, estudio geotécnico, informes, etc.) para, saber qué es lo que vamos a hacer y de qué forma, y detectar errores, incongruencias o falta de información antes de que nos sea necesaria.

- Procedimiento de Control de Ejecución, en el que comprobaremos que la obra se está ejecutando conforme a proyecto y conforme a las directrices de la normativa que le sea de aplicación. Para finalizar comprobaremos que lo ejecutado cumple con los cánones de calidad que le son exigibles mediante los pertinentes ensayos.

Estos apartados serán desarrollados en el punto 8. ANEXOS.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO.

3.1 Introducción.

Las zapatas corridas pueden ser bajo muros, o bajo pilares, y se define como la que recibe cargas lineales, en general a través de un muro, que si es de hormigón armado, puede transmitir un momento flector a la cimentación.

Son cimentaciones de gran longitud en comparación con su sección transversal.
.
Las zapatas corridas están indicadas cuando:

1- Se trata de cimentar un elemento continuo, como por ejemplo un muro.
2- Queremos homogeneizar los asientos de una alineación de pilares y nos sirve de arriostramiento.
3- Queremos reducir el trabajo del terreno.
4- Para puentear defectos y heterogeneidades del terreno.
5- Por la proximidad de zapatas aisladas, resulta más sencillo realizar una zapata corrida.



Trabajos en zapatas corridas.

<u>Tipos.</u>

A) Zapata corrida bajo muro.
Para el cálculo se considera invertida.

B) Zapata corrida bajo dos pilares.
B.1 – Zapata combinada:
Aquella sobre la que apoyan dos pilares separados una distancia que oscila de 3 a 5 m de distancia.

Para calcularla hay que hacer pasar la resultante de los esfuerzos procedentes de los soportes por el centro de gravedad de la zapata.

B.2- Zapata asociada.
Aquella sobre la que apoyan dos soportes muy próximos. Se une por el bulbo de presiones.
Jugando con el vuelo desaparece el momento flector positivo, que en un primer momento nos aparece.

B.3- Zapata corrida bajo tres o más pilares. Viga reversa o viga de cimentación.
.
Sección transversal:

- En forma de t.
- Rectangular.

Tenemos mayor superficie de cimentación y por lo tanto necesitamos menor respuesta del terreno, los pilares quedarían alineados.

Funciona:

- Longitudinalmente: como una viga invertida.
- Transversalmente: como una zapata.

3.2 Proceso constructivo.

Técnicas de ejecución:

Las técnicas de ejecución son las mismas que para las zapatas aisladas, partiendo del replanteo, movimiento de tierras, etc.



Zapatas corridas.

El procedimiento a seguir para la ejecución de las zapatas corridas será el siguiente:

- Desbroce del solar
- Replanteo por medio de camillas previa explanación.
- Señalamiento o señalización de la superficie o perímetro de las zapatas y vigas.



Replanteo zapatas.

- Fijar o marcar perfectamente los ejes mediante las camillas.
- Excavación siguiendo o guiados por el plano de replanteo hasta la cota que se considere como firme según el estudio geotécnico, no se excavarán los últimos 15 o 20 cm del canto de la zapata si no se va introducir inmediatamente el hormigón de regularización o de limpieza.



Excavación de zapatas.

- Refinado de paredes y del fondo hasta la cota del firme.

- Vertido del hormigón de regularización. Antes del vertido de hormigón es conveniente espolvorear las paredes de la excavación para entibarlas.

- Disposición de las armaduras sobre calzos que aseguren el recubrimiento. Serán tantos como se necesiten para mantener la horizontalidad de las armaduras.



Colocación de armado en zapatas corridas.

- La capa de hormigón de regularización será de unos 10 cm, el recubrimiento será tal que la armadura diste más de 10 cm del hormigón de limpieza.

- Fijar a la parrilla los enanos de arranque del pilar.

- Colocación y fijado de las armaduras de las vigas de atado, riostras o vigas centradoras.

- Vertido del hormigón por tongadas, en el caso de prever junta de hormigonado en la viga de riostra o de atado será vertical y estará dispuesta en el centro de esta. Si por necesidad debe haber una junta en la zapata por falta de hormigón se realizará bajo el nivel de canto de las vigas y será perpendicular a la dirección de esfuerzos horizontales.



Hormigonado en zapatas corridas.

- Curado a base de riegos, 3 veces diarias durante la primera semana.

3.3 Aspectos a tener en cuenta.



Protección taludes excavación.

- Disponer debajo de cada zapata una capa de hormigón de limpieza de al menos 10 cm.

- Cuando sea posible se dispondrán zapatas tipo 3 que son las más económicas.

- Por economía conviene disponer zapatas de canto constante; si se realizan ataluzadas es conveniente realizar un resalte para el encofrado mayor de 10 cm.

- Recubrimientos (constantes), en paramentos verticales más de 5 cm y respecto al hormigón de limpieza más de 10 cm.

- Conviene ejecutar la superficie de cimentación con múltiplos de 10, ya que facilita el replanteo y la ejecución de la ferralla.

- Cuando no sea posible el anclaje de los enanos, debido al insuficiente armado de estos, se dispondrán dos o tres barras de espera cuya suma de diámetros sea equivalente. En caso de zapatas de poco canto se dispondrá una zapata flexible.

4. LISTAS DE COMPROBACIÓN.

Se realizará cada una de las siguientes verificaciones según se detalla cada apartado en los anexos.

1. Control de recepción de materiales certificados
   - 1.1. Suministro.
   - 1.2. Distintivos de calidad.
   - 1.3. Ensayos.
2. Control de recepción de materiales no certificados.
   - 2.1. Suministro.
   - 2.2. Ensayos.
3. Control de ejecución.
   - 3.1. Replanteo y geometría.
   - 3.2. Materiales.
     - 3.2.1. Hormigón fabricado en central.
     - 3.2.2. Hormigón fabricado en obra.
     - 3.2.3. Barras de acero.
   - 3.3. Verificaciones previas.
     - 3.3.1. Excavaciones.
     - 3.3.2. Cimientos.
   - 3.4. Colocación y ejecución.
     - 3.4.1. Excavaciones.
     - 3.4.2. Armados para hormigón.
       - 3.4.2.1. Sujeción.
       - 3.4.2.2. Empalme para hormigón.
       - 3.4.2.3. Separadores.
       - 3.4.2.4. Cortado.
     - 3.4.3. Encofrados y desencofrados.
       - 3.4.3.1. Diseño.
       - 3.4.3.2. Puesta en obra de los encofrados.
       - 3.4.3.3. Material.
     - 3.4.4. Hormigonado.
       - 3.4.4.1. Condiciones encofrados.
     - 3.4.5. Uniones elementos.
       - 3.4.5.1. Genérico.
       - 3.4.5.2. Hormigón / Hormigón.
       - 3.4.5.3. Hormigón / Perfiles metálicos.
       - 3.4.5.4. Hormigón / Cerámica.
       - 3.4.5.5. Hormigón / Bloque.
       - 3.4.5.6. Hormigón / Madera.
4. Control de la obra acabada.
5. Verificaciones posteriores.
6. Estructura de hormigón.

5.3.2 ZAPATAS AISLADAS.

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.



Vista general de zapatas aisladas.

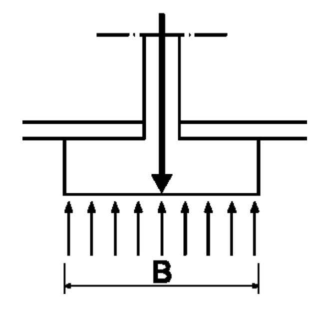
1.1. Concepto y descripción de unidades más frecuentes.

Las zapatas aisladas son un tipo de cimentación directa usada usualmente como base de cimentación de un pilar aislado, interior, medianero o de esquina

Consiste en un elemento de hormigón en masa o armado, con planta cuadrada o rectangular, como cimentación de soportes pertenecientes a estructuras de edificación, sobre suelos homogéneos de estratigrafía sensiblemente horizontal.

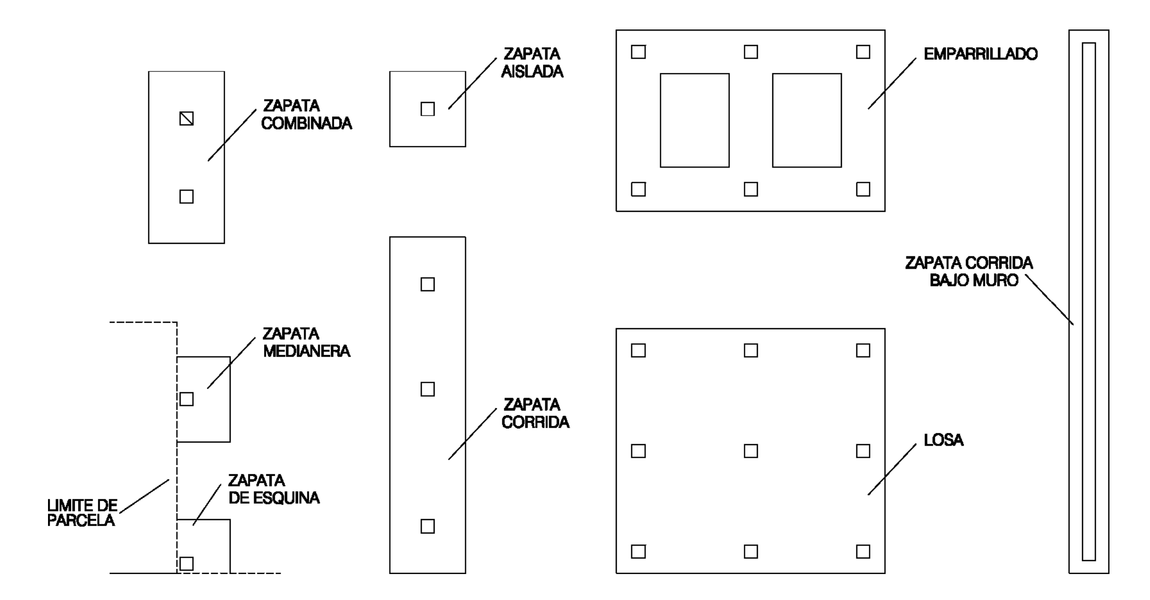
Una cimentación directa es aquella que reparte las cargas de la estructura en un plano de apoyo horizontal. Las cimentaciones directas se emplearán para trasmitir al terreno las cargas de uno o varios pilares de la estructura, de los muros de carga o de contención de tierras en los sótanos, de los forjados o de toda la estructura.

(Carga de estructura)



Cuando las condiciones lo permitan se emplearán cimentaciones directas, que habitualmente, pero no siempre, se construyen a poca profundidad bajo la superficie, por lo que también son llamadas cimentaciones superficiales

Otros tipos de cimentaciones superficiales son los representados en la siguiente figura:



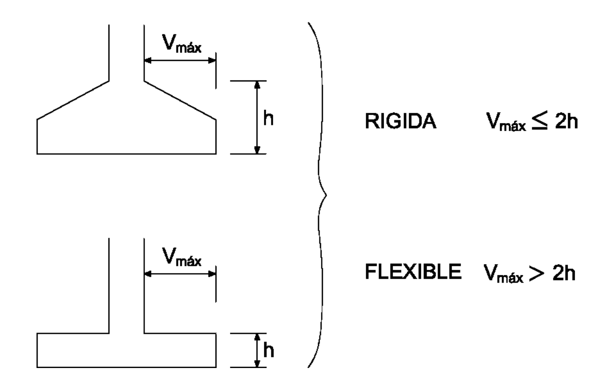
1.2. Diseño y elección del sistema.

Cuando el terreno sea firme y competente, se pueda cimentar con una presión media alta y se esperen asientos pequeños o moderados, la cimentación normal de los pilares de un edificio estará basada en zapatas individuales o aisladas.

En general, las zapatas interiores serán de planta cuadrada, tanto por su facilidad constructiva como por la sencillez del modo estructural de trabajo. Sin embargo, podrá convenir diseñar zapatas de planta rectangular o con otra forma, entre otros, en los siguientes casos:

a) las separaciones entre crujías sean diferentes en dos sentidos perpendiculares;
b) existan momentos flectores en una dirección;
c) los pilares sean de sección rectangular;
d) se haya de cimentar dos pilares contiguos separados por una junta de dilatación;
e) casos especiales de difícil geometría.
f) Si los condicionantes geométricos lo permiten, las zapatas de medianería serán de planta rectangular, preferentemente con una mayor dimensión paralela a la medianería, y las de esquina de planta cuadrada.

Desde el punto de vista estructural se tendrán en cuenta las prescripciones de la instrucción EHE-08, y se considerarán estructuralmente rígidas las zapatas cuyo vuelo v, en la dirección principal de mayor vuelo, sea menor o igual que dos veces el canto h ($v \leq 2h$). Las zapatas se considerarán flexibles en caso contrario ($v>2h$).

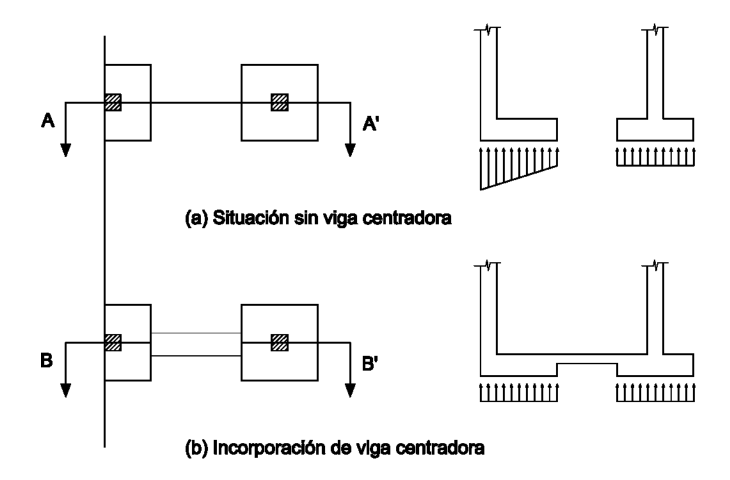


Concepto de rigidez estructural.

Las zapatas aisladas se podrán unir entre sí mediante vigas de atado o soleras, que tendrán como objeto principal evitar desplazamientos laterales. En especial se tendrá en cuenta la necesidad de atado de zapatas en aquellos casos prescritos en la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE vigente.

Podrá ser conveniente unir zapatas aisladas, en especial las fuertemente excéntricas como son las de medianería y esquina, a otras zapatas contiguas mediante vigas centradoras para resistir momentos aplicados por muros o pilares, o para redistribuir cargas y presiones sobre el terreno. Para cumplir este cometido se podrá disponer asimismo de otras múltiples posibilidades de diseño (contribución de forjados, introducción de tirantes, etc.), debiendo justificarse en cada caso.

En el caso de vigas de atado o vigas centradoras hormigonadas directamente sobre el terreno, deben considerarse los posibles esfuerzos derivados del asiento previsto en las zapatas unidas por ellas. Del mismo modo se considerarán los efectos derivados de cualquier otro movimiento relativo que pueda inducir esfuerzos sobre dichas vigas y sobre los demás elementos de cimentación unidos por ellas. En especial no se considera aconsejable recurrir al apoyo directo de las vigas de unión entre zapatas en el caso de cimentar sobre terrenos metaestables (expansivos o colapsables).



Ejemplo del empleo de vigas centradoras para redistribución de presiones sobre el terreno.

1.3. Materiales empleados en el sistema.

Cumplirán las condiciones especificadas en el Capítulo VI, Materiales, de la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE, en la consideración de materiales.

Acero

Cumplirán todo lo referente al Artículo 32º Aceros para armaduras pasivas de la EHE-08.

Se pueden utilizar los siguientes productos:

- Barras rectas o rollos de acero corrugado soldable.
- Alambres de acero corrugado o grafilado soldable.
- Alambres lisos de acero soldable.

Los alambres lisos sólo pueden emplearse como elementos de conexión de armaduras básicas electrosoldadas en celosía.

- Barras corrugadas de acero, de características físicas y mecánicas indicadas en proyecto.
- Mallas electrosoldadas de acero de características físicas y mecánicas indicadas en proyecto.

Hormigón.

En el caso particular del hormigón, propiedades del cemento, contenido mínimo de cemento, relación agua/cemento y recubrimientos mínimos y nominales previstos, deberán cumplir con las condiciones de durabilidad, Artículo 37 Durabilidad del hormigón y de las armaduras, y apartado 8.2. Bases de cálculo orientadas a la durabilidad, del artículo 8 de la EHE-08

Las condiciones de durabilidad vienen fijadas conforme a las condiciones de agresividad definidas en el estudio geotécnico, (aguas freáticas y suelos), e inspección preliminar

- Hormigón para armar (HA), de resistencia o dosificación especificados en proyecto.

Condiciones Geométricas.

Las condiciones geométricas de este tipo de cimentación son:

a) Bajo la zapata deben disponerse siempre 10 cm de hormigón de limpieza, debiendo disponer las armaduras sobre separadores.
b) El canto mínimo en el borde de las zapatas de hormigón en masa no será inferior a 35cm. En cambio, el canto total mínimo en el borde de los elementos de cimentación de hormigón armado no será inferior a 25cm si se apoyan sobre el terreno. Art. 58.8.1 EHE
c) Se recomienda una separación máxima de armaduras no superior a 30cm, ni inferior a 10 cm. En ningún caso será inferior a tres veces el espesor bruto de la parte de la sección del elemento, alma o alas, en las que vayan situadas. Artículo 42.3.1
d) El ancho y canto de las vigas de atado es superior a 1/20 de la luz libre.
e) En las vigas centradoras o vigas de atado la separación entre cercos debe ser inferior a 15 diámetros, 30 cm y 0,85 veces el ancho y/o canto de la viga.
f) Los diámetros utilizados no deben ser inferiores a 12mm para la armadura longitudinal y a 6 mm para la transversal.

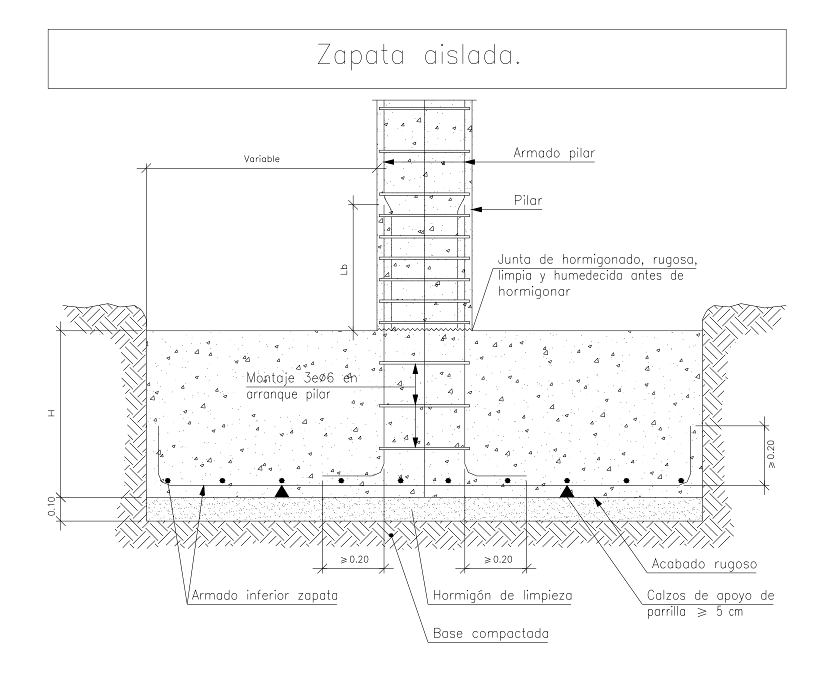
Esquema de zapata aislada.

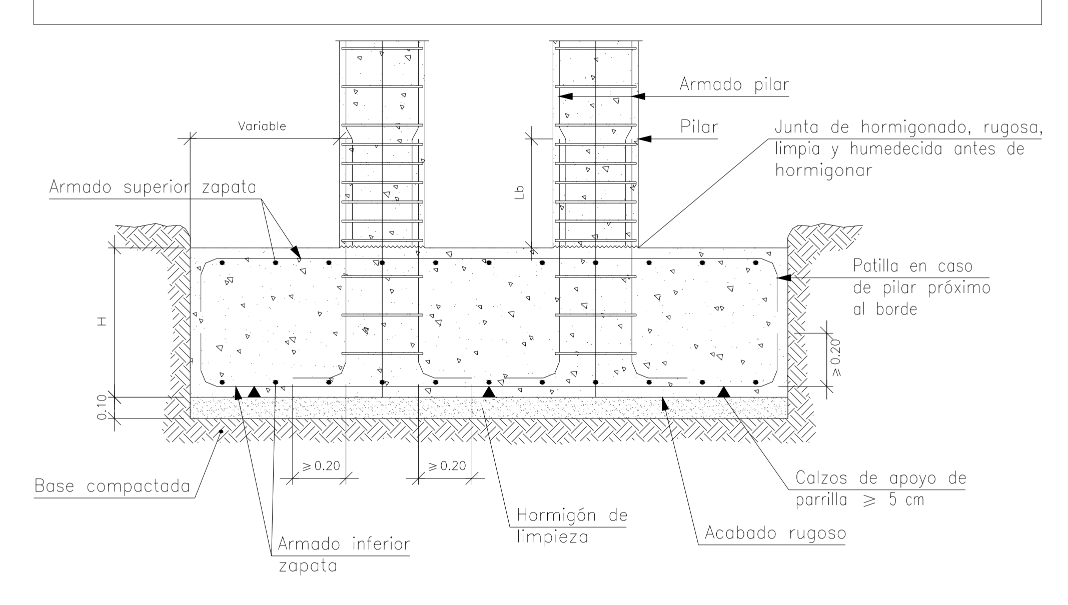
1.4. Detalles constructivos más representativos.

A continuación se incluyen varios detalles constructivos, los más usuales, que referencian la mayoría de puntos más importantes a controlar en la ejecución de las zapatas aisladas.

Los detalles son:

- Zapata aislada.
- Zapata combinada de dos pilares.
- Viga de atado entre zapatas.
- Zapata sobre pozo de cimentación.
- Zapata en junta de dilatación.
- Zapata con enano.
- Pequeño desnivel en cimentación =< 1 m.
- Zapata medianera y esquina, con vigas centradoras. Hormigonada contra el terreno.
- Unión de zapatas a distinto nivel.
- Foso de ascensor.


Zapata aislada.
Variable
Armado pilar
Pilar
Lb
Junta de hormigonado, rugosa, limpia y humedecida antes de hormigonar
Montaje 3eø6 en arranque pilar
H
≥ 0.20
0.10
≥ 0.20
≥ 0.20
Acabado rugoso
Armado inferior zapata
Hormigón de limpieza
Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm
Base compactada


Zapata combinada de dos pilares.
Armado pilar
Variable
Pilar
Junta de hormigonado, rugosa, limpia y humedecida antes de hormigonar
Armado superior zapata
Lb
Patilla en caso de pilar próximo al borde
H
≥ 0.20
0.10
≥ 0.20
≥ 0.20
Base compactada
Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm
Hormigón de limpieza
Acabado rugoso
Armado inferior zapata

Viga de atado entre zapatas.

Junta de hormigonado, rugosa, limpia y humedecida antes de hormigonar

Armado pilar

Pilar

Estribos de montaje en el interior de las zapatas

Lb

H

0.10

≥ 0.20

≥ 0.20

≥ 0.20

≥ 0.20

≥ 0.20

Viga de atado

Hormigón de limpieza

Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm

Armado inferior zapata

Base compactada

Viga de atado mínima

≥ 2ø12

≥ 2ø12

≥ eø6a30cm

0.40

0.40

Zapata sobre pozo de cimentación.

Armado pilar

Pilar

Junta de hormigonado, rugosa, limpia y humedecida antes de hormigonar

Variable

Lb

Se recomienda disponer 1ø16 en cada esquina del pozo

Superficie rugosa

H

≥ 0.20

≥ 0.20

≥ 0.20

Armado inferior zapata

Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm

Variable

Estrato resistente

Pozo de cimentación

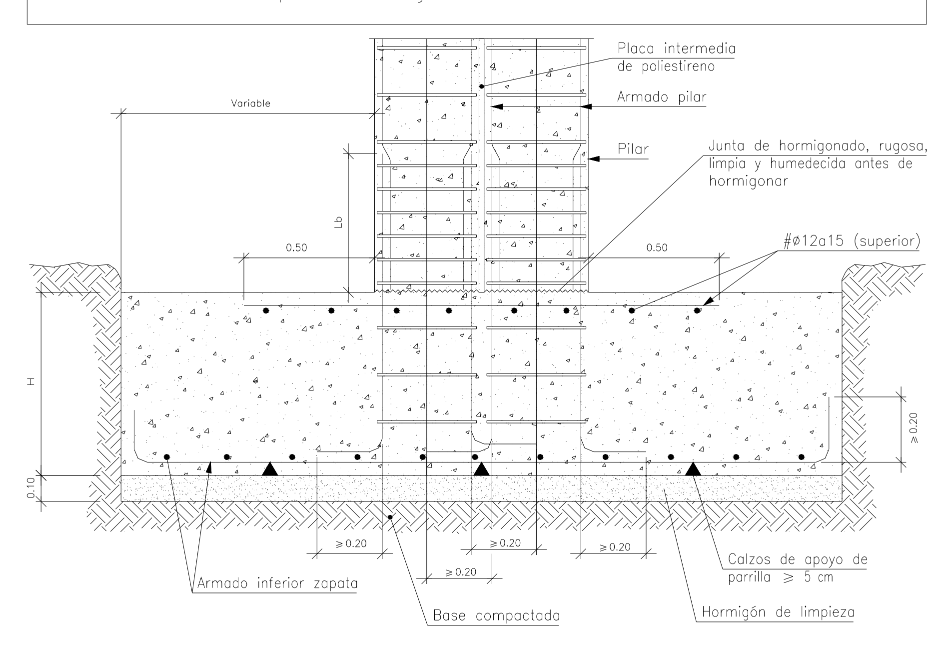
Empotramiento en el estrato resistente

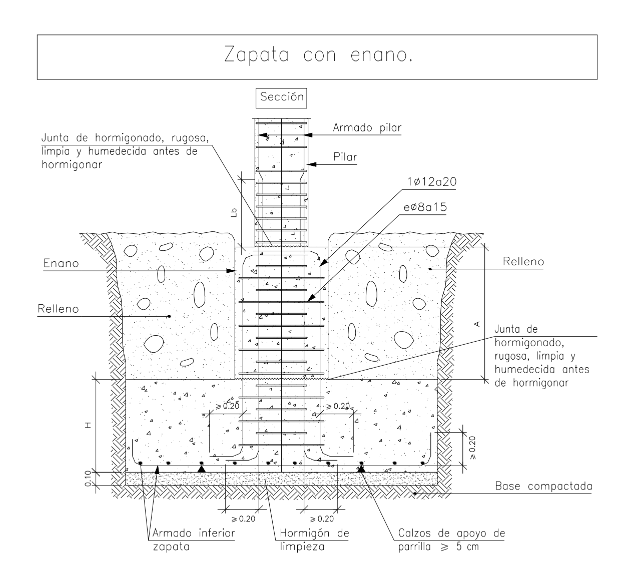
≥ 0.30

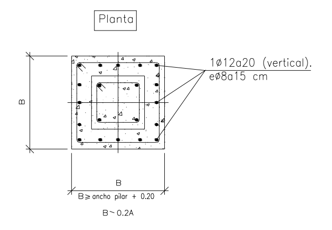
Base compactada

Hormigón ciclópeo

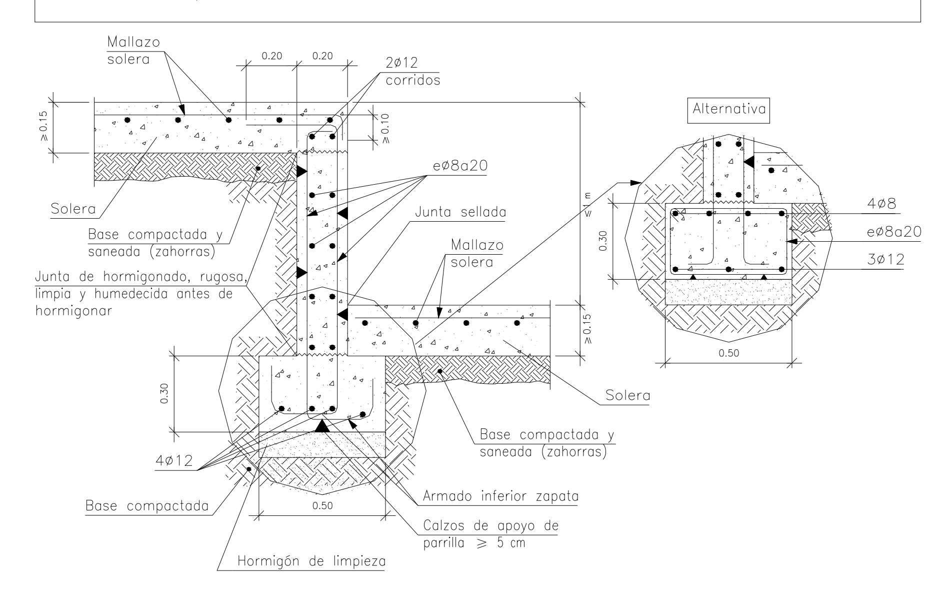
Zapata en junta de dilatación.







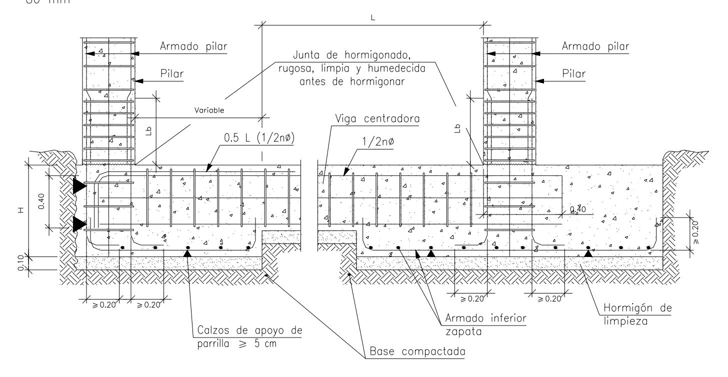
Pequeño desnivel en cimentación =< 1 m.



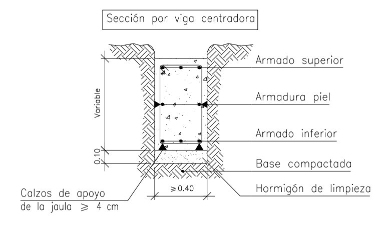
Zapata medianera y esquina, con vigas centradoras.
Hormigonado contra el terreno.

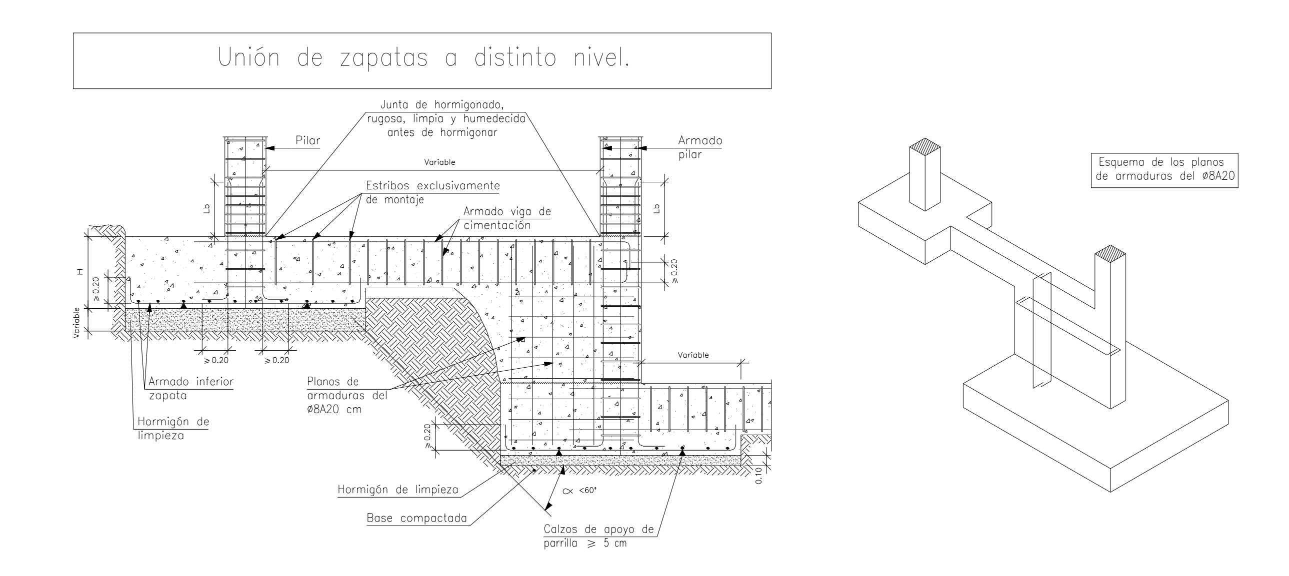
C

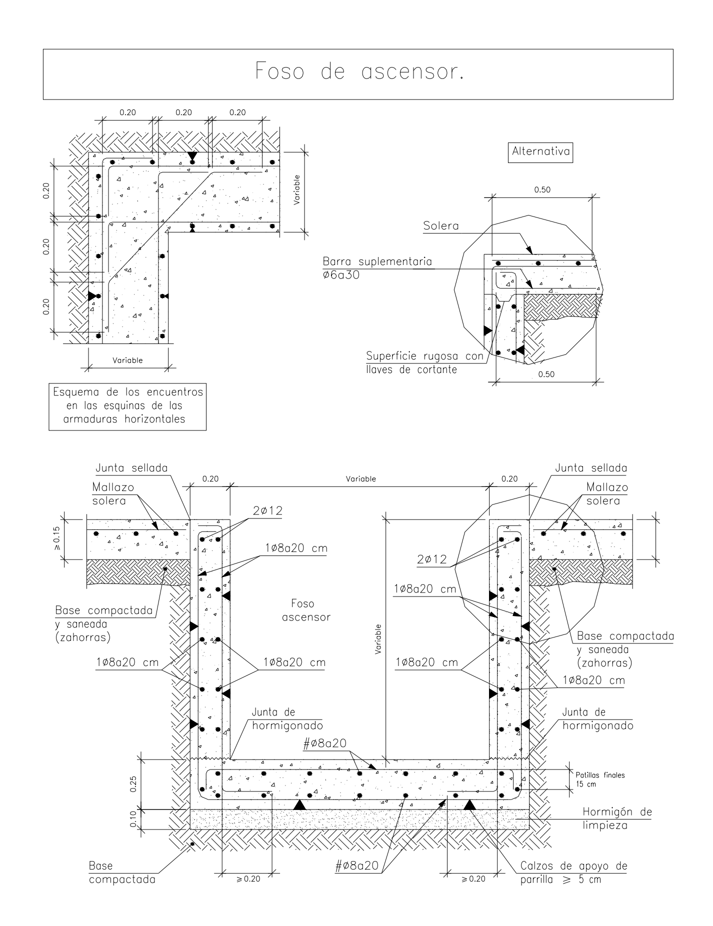
Hormigonado contra el terreno con recubrimiento nominal de 80 mm



Al menos la mitad de la armadura 1/2nø se prolongará hasta el pilar, pudiendo cortarse a 0.5L del resto




Unión de zapatas a distinto nivel.
Junta de hormigonado, rugosa, limpia y humedecida antes de hormigonar
Pilar
Armado pilar
Variable
Estribos exclusivamente de montaje
Armado viga de cimentación
Esquema de los planos de armaduras del ø8A20
Armado inferior zapata
Hormigón de limpieza
Planos de armaduras del ø8A20 cm
Hormigón de limpieza
Base compactada
Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm


Foso de ascensor.
Alternativa
Solera
Barra suplementaria ø6a30
Superficie rugosa con llaves de cortante
Esquema de los encuentros en las esquinas de las armaduras horizontales
Junta sellada
Mallazo solera
2ø12
1ø8a20 cm
Foso ascensor
Base compactada y saneada (zahorras)
Junta de hormigonado
#ø8a20
Potillas finales 15 cm
Hormigón de limpieza
Base compactada
Calzos de apoyo de parrilla ≥ 5 cm

1.5. Condiciones constructivas.

1.5.1. Precauciones contra defectos del terreno

Todas las cimentaciones directas sobre zapatas se conciben en la hipótesis de que el suelo situado debajo de las mismas se halle aproximadamente en el mismo estado en que fue encontrado durante las investigaciones realizadas para estudiarlos. Si el suelo contiene bolsadas blandas no detectadas por dichos reconocimientos, o si se altera la estructura del suelo durante su excavación, el asiento será mayor y más irregular de lo que se ha supuesto. Si dentro de la zona que pudiera quedar afectada por la zapata se encuentran puntos excepcionalmente blandos, debe proyectarse de nuevo la zapata.

Todos los elementos encontrados en el fondo de las excavaciones, tales como rocas, restos de cimentaciones antiguas y, de una manera general, todos los lentejones resistentes susceptibles de formar puntos duros locales, serán retirados y se rebajará lo suficiente el nivel del fondo de la excavación para que las zapatas apoyen en condiciones homogéneas.

De la misma manera, todos los lentejones o bolsadas más compresibles que el terreno en conjunto serán excavados y sustituidos por un suelo de compresibilidad sensiblemente equivalente a la del suelo general, o por hormigón en masa. El suelo de relleno debe compactarse convenientemente, pues una simple colocación por vertido no puede asegurar el grado de compresibilidad requerido.

1.5.2. Solera de asiento

Si las zapatas son de hormigón en masa o armado, sobre la superficie de la excavación debe extenderse una capa de hormigón, de regularización, que recibe el nombre de solera de asiento u hormigón de limpieza.

La solera de asiento tiene por misión crear una superficie plana y horizontal de apoyo de la zapata y, en suelos permeables, evitar que penetre la lechada del hormigón estructural en el terreno y queden los áridos de la parte inferior mal recubiertos, en ningún caso servirá para rasantear cuando el fondo de la excavación existan fuertes irregularidades.

El espesor mínimo de la solera de asiento será de 10 cm. El nivel de enrase de la solera de asiento será el previsto en el proyecto para la base de las zapatas y las vigas riostras. El perfil superior tendrá una terminación adecuada a la continuación de la obra.

1.5.3. Excavaciones

1.5.3.1. Terminación de las excavaciones

La terminación de la excavación en el fondo y las paredes debe tener lugar inmediatamente antes de la colocación de la solera de asiento, sea cual sea la naturaleza del terreno. Especialmente se tendrá en cuenta en terrenos arcillosos.

Si la solera de asiento no puede ponerse en obra inmediatamente después de terminada la excavación, debe dejarse ésta de 10 a 15 centímetros por encima de la cota definitiva de cimentación hasta el momento en que todo esté preparado para hormigonar.

La excavación debe hacerse con sumo cuidado para que la alteración de las características mecánicas del suelo sea la mínima inevitable.

Una vez hecha la excavación hasta la profundidad necesaria y antes de constituir la solera de asiento, se nivelará bien el fondo para que la superficie quede sensiblemente de acuerdo con el proyecto, y se limpiará y apisonará ligeramente.



Excavación en zapatas y vigas de atado.

1.5.3.2. Dimensiones de las excavaciones

Las zanjas tendrán las dimensiones fijadas en el proyecto.

La cota de profundidad de estas excavaciones será la prefijada en los planos, o las que el Director de Obra ordene por escrito o gráficamente a la vista de la naturaleza y condiciones del terreno excavado.

Aunque el terreno firme se encuentre muy superficial, es conveniente profundizar de 0,5 a 0,8 m por debajo de la rasante.

Si los cimientos son muy largos es conveniente también disponer llaves o anclajes verticales más profundos, por lo menos cada 10 m.



Zapatas excavadas.

1.5.3.3. Excavaciones para zapatas a diferentes niveles

En el caso de excavaciones para cimentaciones a diferentes niveles, la ejecución de los trabajos debe hacerse de modo que se evite todo deslizamiento de las tierras comprendidas entre los dos niveles distintos.

La inclinación de los taludes de separación entre zapatas a diferentes niveles debe ajustarse a las características del terreno. A efectos indicativos y salvo justificación en contra, la línea de unión de los bordes inferiores entre dos zapatas situadas a diferente nivel no debe superar una inclinación 1 H:1V en el caso de rocas y suelos duros, debiendo reducirse dicha inclinación a 2H:1 V para suelos flojos a medios.

1.5.3.4. Excavaciones en presencia de agua

En el caso de suelos permeables que requieran agotamiento del agua para realizar las excavaciones de las zapatas, el agotamiento se mantendrá durante toda la ejecución de los trabajos de cimentación.

El agotamiento debe realizarse de tal forma que no comprometa la estabilidad de los taludes o de las obras vecinas.

En el caso de excavaciones ejecutadas sin agotamiento en suelos arcillosos y con un contenido de humedad próximo al límite líquido, se procederá a un saneamiento del fondo de la excavación previo a la ejecución de las zapatas.

Cuando haya que efectuar un saneamiento temporal del fondo de las excavaciones por absorción capilar del agua del suelo, para permitir la ejecución en seco, en los suelos arcillosos, se emplearán materiales secos permeables.

En el caso de excavaciones ejecutadas con agotamiento en los suelos cuyo fondo sea suficientemente impermeable como para que el contenido de humedad no disminuya sensiblemente con los agotamientos, debe comprobarse, según las características del suelo, si es necesario proceder a un saneamiento previo de la capa inferior permeable, por agotamiento o por drenaje.

1.5.3.5. Drenajes y saneamiento del terreno

Siempre que se estime necesario, se realizará un drenaje del terreno de cimentación.

El drenaje se podrá realizar con drenes colocados en el fondo de zanjas, en unas perforaciones inclinadas con suficiente pendiente (por lo menos 5 cm por metro), mediante empedrados, o con otros materiales idóneos.

Los empedrados se rellenarán de cantos o grava gruesa, dispuestos en una zanja, cuyo fondo penetrará en la medida necesaria y tendrá una pendiente longitudinal de al menos 3 a 4 cm por metro. Con anterioridad a la colocación de la grava, en su caso se dispondrá un geotextil en la zanja que cumpla las condiciones de filtro necesarias para evitar la migración de materiales finos.

Se podrá también emplear un procedimiento mixto, de dren y empedrado, colocando un dren en el fondo del empedrado.

1.5.3.6. Precauciones contra el hielo

Si el fondo de la excavación se inunda y hiela, o presenta capas de agua transformadas en hielo, no se procederá a la construcción de la zapata antes de que se haya producido el deshielo completo, o bien se haya excavado en mayor profundidad hasta retirar la capa de suelo helado.

La temperatura mínima de hormigonado será la indicada en la EHE.

1.5.3.7. Precauciones contra aterramientos

Deben adoptarse las disposiciones necesarias para asegurar la protección de las cimentaciones contra los aterramientos, durante y después de la ejecución de aquéllas.

1.5.3.8. Precauciones contra la inundación

En el caso de inundación de las excavaciones durante los trabajos de cimentación, deben adoptar se las disposiciones necesarias de evacuación de las aguas. Estas disposiciones deben ser tales que en ningún momento, durante o después de la terminación de las obras, la acción del agua dé lugar a

aterramientos, erosión, o puesta en carga imprevista de las obras, que puedan comprometer su estabilidad.

1.5.4. Ejecución de zapatas de hormigón armado

El recubrimiento mínimo de la armadura se ajustará a las especificaciones de la EHE. Los emparrillados o armaduras que se coloquen en el fondo de las zapatas, se apoyarán sobre tacos de mortero rico que sirvan de espaciadores. No se apoyarán sobre camillas metálicas que después del hormigonado queden en contacto con la superficie del terreno, por favorecer la oxidación de las armaduras.

Las armaduras verticales de los pilares deben penetrar en la zapata hasta el nivel de la capa inferior de armadura de ésta.

Las zapatas se hormigonarán a sección de excavación completa, después de la limpieza del fondo, si las paredes de la excavación presentan una cohesión suficiente. En caso contrario, el hormigonado se ejecutará entre encofrados que eviten los desprendimientos.

Si el nivel de fabricación del hormigón es superior al de hormigonado de las zapatas, la colocación del hormigón se efectuará mediante los dispositivos necesarios para evitar la caída libre del hormigón. La colocación directa no debe hacerse más que entre niveles de aprovisionamiento y de ejecución sensiblemente equivalentes.

No debe circularse sobre el hormigón fresco.

2. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL.

Como en cada uno de los tipos de cimentación que estamos estudiando, para completar un estudio que ayude a una mejor ejecución de cada trabajo, se hace necesario empezar a estudiar cada trabajo mucho antes de que este realmente sea iniciado.
Por ello, debemos diferenciar 2 tipos básicos de procedimientos de control de los trabajos:

- Procedimiento de Control de Proyecto, donde, resumiendo mucho, se revisará la documentación previa existente (proyecto, estudio geotécnico, informes, etc.) para, saber qué es lo que vamos a hacer y de qué forma, y detectar errores, incongruencias o falta de información antes de que nos sea necesaria.

- Procedimiento de Control de Ejecución, en el que comprobaremos que la obra se está ejecutando conforme a proyecto y conforme a las directrices de la normativa que le sea de aplicación. Para finalizar comprobaremos que lo ejecutado cumple con los cánones de calidad que le son exigibles mediante los pertinentes ensayos.

Estos apartados serán desarrollados en el punto 8. ANEXOS.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO.

3.1 Introducción.

Es aquella zapata en la que descansa o recae un solo pilar. Encargada de transmitir a través de su superficie de cimentación las cargas al terreno.

Una variante de zapata aislada aparece en edificios con junta de dilatación y en este caso se denomina “zapata bajo pilar en junta de diapasón“.

La zapata no necesita junta pues al estar empotrada en el terreno no se ve afectada por los cambios térmicos, aunque en las estructuras sí que es normal además de aconsejable poner una junta cada 30 m aproximadamente, en estos casos la zapata se calcula como si sobre ella solo recayese un único pilar..

Es importante saber que además del peso del edificio y las sobrecargas, hay que tener también en cuenta el peso de las tierras que descansan sobre sus vuelos.

Clasificación según la EHE.

La EHE clasifica las zapatas según la relación existente entre el vuelo y el canto.

Tipo 1. Semirrígida o flexible
El vuelo es igual a la variación que hay de 0.5 veces la altura a la de 2 veces ésta.
Solo se calculan a flexión.

Tipo 2. Maciza de cimentación o superrígida
El vuelo es menor a ½ de la altura.
Hay veces que en este tipo de zapata no son necesarios los armados, todo depende de la resistencia del terreno.

Tipo 3. Denominadas flexibles
Son las más económicas, pero su cálculo también es el más complicado, pues ha de realizarse a flexión, a cortante, a punzonamiento, y hay que tener en cuenta la adherencia entre el acero y el hormigón
El vuelo es mayor de 2 veces la altura.

Disposición de las armaduras.

La armadura calculada se distribuirá uniformemente en toda la superficie de la zapata y en dos direcciones (porque tiene dos vuelos y direcciones principales) a modo de mallazo.

Cuando hay cargas importantes se recomienda disponer una armadura perimetral de tracción que zunche la base del tronco de pirámide que define las bielas de compresión respecto a las direcciones principales de la zapata.

En la zapata hay que tener en cuenta:

- que han de tener un recubrimiento mínimo de 5 cm.
- separación máxima entre barras de 30 cm.
- es aconsejable levantar los extremos de las barras al menos 10 cm.

DISPOSICIÓN DE ANCLAJE DE LAS ARMADURAS

Dependiendo del tipo de vuelo:

1) Vuelo menor de la altura

Sera anclada a partir de la zona que deje de estar, o de ser la armadura en longitud recta.
Se anclara por patilla.

2) Vuelo mayor que la altura

Se anclara a partir de la longitud h por prolongación y cuando no quepa por patilla.

CANTOS MÍNIMOS Y ARMADURAS MÍNIMAS:

El canto mínimo en el borde de las zapatas de hormigón en masa no será inferior a 35 cm.
En zapatas de hormigón armado no será inferior a 25 cm.
En encepados de pilotes (que se consideran zapatas) no será inferior de 40 cm o no inferior de 1.5 veces el diámetro del pilote.

La armadura transversal mínima será capaz de absorber esfuerzos cortantes y de punzonamiento, o lo que es lo mismo, impiden que el pilar intente penetrar en el terreno.

1) En zapatas y encepados tipo 1 no es necesaria armadura transversal.
2) En zapatas y encepados tipo 2 sí que es necesaria la armadura transversal.
3) En zapatas y encepados tipo 3 solo se dispondrá armadura transversal si por la comprobación a punzonamiento o a cortante son necesarias, en caso contrario el hormigón absorbe el esfuerzo.

La armadura longitudinal mínima es siempre necesaria, además hay que tener en cuenta que éstas no podrán distanciarse más de 30 cm, ni se podrán colocar redondos menores del 12.

3.2 Proceso constructivo.

Se seguirá el siguiente procedimiento en la ejecución de las zapatas aisladas.

- Desbroce del solar.
- Replanteo por medio de camillas previa explanación.
- Señalamiento o señalización de la superficie o perímetro de las zapatas y vigas.



Replante zapatas.

- Fijar o marcar perfectamente los ejes mediante las camillas.
- Excavación siguiendo o guiados por el plano de replanteo hasta la cota que se considere como firme según el estudio geotécnico, no se excavarán los últimos 15 o 20 cm del canto de la zapata si no se va introducir inmediatamente el hormigón de regularización o de limpieza.



Excavación en zapatas.

- Refinado de paredes y del fondo hasta la cota del firme.
- Vertido del hormigón de regularización. Antes del vertido de hormigón es conveniente espolvorear las paredes de la excavación para entibarlas.



Limpieza y armadura inferior.

- Disposición de las armaduras sobre calzos que aseguren el recubrimiento. Serán tantos como se necesiten para mantener la horizontalidad de las armaduras.
- La capa de hormigón de regularización será de unos 10 cm, el recubrimiento será tal que la armadura diste más de 10 cm del hormigón de limpieza.
- Fijar a la parrilla los enanos de arranque del pilar.
- Colocación y fijado de las armaduras de las vigas de atado, riostras o vigas centradoras.
- Vertido del hormigón por tongadas, en el caso de prever junta de hormigonado en la viga de riostra o de atado será vertical y estará dispuesta en el centro de esta. Si por necesidad debe haber una junta en la zapata por falta de hormigón se realizará bajo el nivel de canto de las vigas y será perpendicular a la dirección de esfuerzos horizontales.



Hormigonado zapatas.

- Curado a base de riegos, 3 veces diarias durante la primera semana.

3.3 Aspectos a tener en cuenta.

- Disponer debajo de cada zapata una capa de hormigón de limpieza de al menos 10 cm.
- Cuando sea posible se dispondrán zapatas tipo 3 que son las más económicas.

- Por economía conviene disponer zapatas de canto constante; si se realizan ataluzadas es conveniente realizar un resalte para el encofrado mayor de 10 cm.
- Recubrimientos (constantes), en paramentos verticales más de 5 cm y respecto al hormigón de limpieza más de 10 cm.
- Conviene ejecutar la superficie de cimentación con múltiplos de 10, ya que facilita el replanteo y la ejecución de la ferralla.
- Cuando no sea posible el anclaje de los enanos, debido al insuficiente armado de estos, se dispondrán dos o tres barras de espera cuya suma de diámetros sea equivalente. En caso de zapatas de poco canto se dispondrá una zapata flexible.

3.4 Zapatas aisladas descentradas.

Las zapatas descentradas tienen la particularidad de que las cargas que sobre ellas recaen, lo hacen de forma descentrada, por lo que se producen unos momentos de vuelco que habrá que contrarrestar.
Pueden ser de medianería y de esquina

Formas de trabajo:
Se solucionan y realizan como las zapatas aisladas con la salvedad de la problemática que supone el que se produzcan momentos de vuelco, debido a la excentricidad de las cargas.

Soluciones para evitar el momento de vuelco:

1) Viga centradora:

A través de su trabajo a flexión, tiene la misión de absorber el momento de vuelco de la zapata descentrada. Deberá tener gran inercia y estar fuertemente armada.

2) Vigas o forjados en planta primera:

Para centrar la carga podemos recurrir a la colaboración de la viga o forjado superior al pilar de medianería.
La viga o forjado deberá dimensionarse o calcularse para la combinación de la flexión propia más la tracción a la que se ve sometida con el momento de vuelco inducido por la zapata.

4. LISTAS DE COMPROBACIÓN.

Se realizará cada una de las siguientes verificaciones según se detalla cada apartado en los anexos.

1. Control de recepción de materiales certificados
    1.1. Suministro.
    1.2. Distintivos de calidad.
    1.3. Ensayos.
2. Control de recepción de materiales no certificados.
    2.1. Suministro.
    2.2. Ensayos.
3. Control de ejecución.
    3.1. Replanteo y geometría.
    3.2. Materiales.
        3.2.1. Hormigón fabricado en central.
        3.2.2. Hormigón fabricado en obra.
        3.2.3. Barras de acero.
    3.3. Verificaciones previas.
        3.3.1. Excavaciones.
        3.3.2. Cimientos.
    3.4. Colocación y ejecución.
        3.4.1. Excavaciones.
        3.4.2. Armados para hormigón.
            3.4.2.1. Sujeción.
            3.4.2.2. Empalme para hormigón.
            3.4.2.3. Separadores.
            3.4.2.4. Cortado.
        3.4.3. Encofrados y desencofrados.
            3.4.3.1. Diseño.
            3.4.3.2. Puesta en obra de los encofrados.
            3.4.3.3. Material.
        3.4.4. Hormigonado.
            3.4.4.1. Condiciones encofrados.
        3.4.5. Uniones elementos.
            3.4.5.1. Genérico.
            3.4.5.2. Hormigón / Hormigón.
            3.4.5.3. Hormigón / Perfiles metálicos.
            3.4.5.4. Hormigón / Cerámica.
            3.4.5.5. Hormigón / Bloque.
            3.4.5.6. Hormigón / Madera.
4. Control de la obra acabada.
5. Verificaciones posteriores.
6. Estructura de hormigón.

6. CIMENTACIONES PROFUNDAS.

INTRODUCCIÓN

La cimentación es la parte estructural del edificio, encargada de transmitir las cargas al terreno, el cual es el único elemento que no podemos elegir, por lo que la cimentación la realizaremos en función del mismo. Al mismo tiempo, éste no se encuentra todo a la misma profundidad por lo que eso será otro motivo que nos influye en la decisión de la elección de la cimentación adecuada.

CLASIFICACIÓN.

Las cimentaciones se clasifican.

-Cimentaciones superficiales.

-**Cimentaciones profundas.**

-Cimentaciones especiales.

En ocasiones, cuando comenzamos a realizar la excavación para la ejecución de una obra, podemos encontrarnos diversas dificultades para encontrar el estrato resistente o firme donde queremos cimentar. O simplemente se nos presenta la necesidad de apoyar una carga aislada sobre un terreno sin firme, o difícilmente accesible por métodos habituales.

En estos casos se recurre a la solución de cimentación profunda, que se constituye por medio de muros verticales profundos, los **muros pantalla** o bien a base de pilares hincados o perforados en el terreno, denominados **pilotes**.

En cualquier caso el objetivo es adoptar una solución constructiva que reúna las siguientes condiciones:

- Facilidad en la ejecución.
- Garantía en el comportamiento resistente.

Cuando la relación que existe entre la profundidad y el ancho de la base de un cimiento es mayor que 5, calificamos a la cimentación como profunda.

6.1 MUROS PANTALLA.

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.



Cuchara bivalva.

1.1. Concepto y descripción de unidades más frecuentes.

Los muros pantalla de definen como pantallas continuas de hormigón armado de sección constante moldeadas “in situ”, las paredes construidas mediante la perforación en el terreno de zanjas verticales profundas y alargadas, sin necesidad de entibaciones, y su relleno posterior de hormigón, constituyendo una estructura continua, capaz de resistir empujes laterales y cargas verticales.

La perforación de las zanjas se realiza normalmente empleando lodos tixotrópicos de los que puede prescindirse si las características del terreno lo permiten.

La ejecución de la pantalla se efectúa por paneles independientes que quedan trabados entre sí a través de juntas de hormigonado y atados en cabeza mediante una viga cuya construcción se realiza posteriormente.

1.2. Diseño y elección del sistema.

Los Muros Pantalla constituyen un tipo de Cimentación Profunda muy usada en edificios de altura, que actúa como un muro de contención y brinda muchas ventajas por ahorro de costes y mayor desarrollo en superficies.

Es la tipología de Cimentaciones más difundida en áreas urbanas para edificios con sótano entre medianeras, en parkings y a modo de barreras de contención de agua subterránea en túneles y carreteras.

El muro pantalla es un muro de contención que se construye antes de efectuar el vaciado de tierras, y transmite los esfuerzos al terreno.

Estos elementos estructurales subterráneos se emplean también en forma temporal para la contención y retención de paredes.

A estos efectos, se trata de conseguir muros de contención del menor espesor posible conservando una buena calidad y que ofrezcan seguridad y buen diseño.

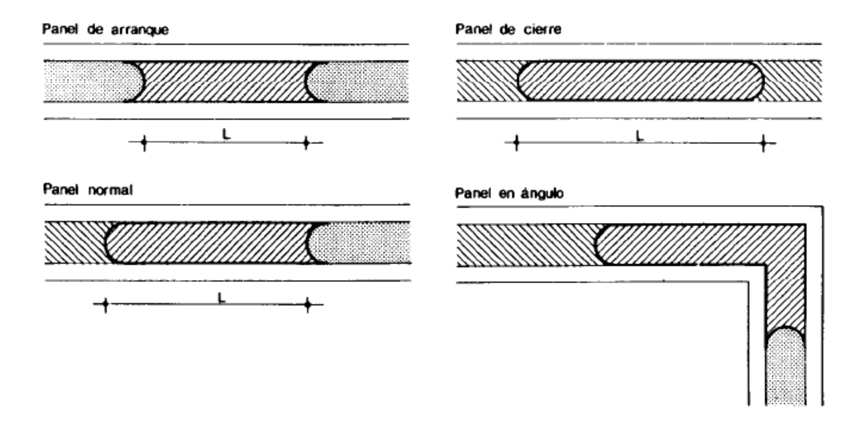
Los anclajes son elementos constructivos que ayudan a mantener la estabilidad, ya que estos muros de contención de tan delgado espesor en relación a la profundidad excavada, reciben importantes empujes de la tierra y también los efectos producidos por el agua, de modo que este recurso les permite reforzar y asegurar su estabilidad.

Dentro del diseño de muros pantalla existen varias alternativas a elegir de acuerdo a las características del terreno y de la edificación a construir:

Los Muros Pantalla se realizan previos al vaciado del terreno, cuando debe excavarse a profundidad considerable y, por donde, debe contenerse el empuje de las tierras y de edificaciones lindantes.

La distribución, dimensionado y tipo depende de la geometría del recinto a vaciar y de las características de la maquinaria a utilizar.

En pantallas para ejecución de un vaciado, en general se utilizan los siguientes tipos:



El cálculo proporciona simultáneamente el espesor E y la profundidad P de la pantalla, las armaduras y las reacciones máximas en los apoyos provisionales y definitivos. El dimensionamiento definitivo se efectuará adoptando los valores mayores de cada una de las determinaciones, pudiendo prescindirse a estos efectos de los resultados correspondientes al metro superior, de alguna capa intermedia de espesor inferior a 1 m, o de las capas no alcanzadas por la pantalla.

1.3. Materiales empleados en el sistema.

Cumplirán las condiciones especificadas en el Capítulo VI, Materiales, de la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE, en la consideración de materiales.

Acero
Cumplirán todo lo referente al Artículo 32º Aceros para armaduras pasivas de la EHE-08

Se pueden utilizar los siguientes productos:
- Barras rectas o rollos de acero corrugado soldable.
- Alambres de acero corrugado o grafilado soldable.
- Alambres lisos de acero soldable.

Los alambres lisos sólo pueden emplearse como elementos de conexión de armaduras básicas electrosoldadas en celosía.

- Barras corrugadas de acero, de características físicas y mecánicas indicadas en proyecto.
- Mallas electrosoldadas de acero de características físicas y mecánicas indicadas en proyecto.

Hormigón

En el caso particular del hormigón, propiedades del cemento, contenido mínimo de cemento, relación agua/cemento y recubrimientos mínimos y nominales previstos, deberán cumplir con las condiciones de durabilidad, Artículo 37 Durabilidad del hormigón y de las armaduras, y apartado 8.2. Bases de cálculo orientadas a la durabilidad, del artículo 8 de la EHE-08

Las condiciones de durabilidad vienen fijadas conforme a las condiciones de agresividad definidas en el estudio geotécnico, (aguas freáticas y suelos), e informe de inspección preliminar

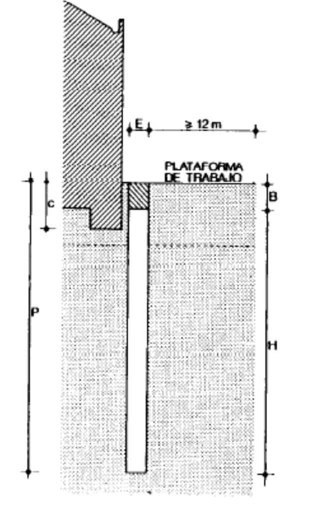
- Hormigón para armar (HA), de resistencia o dosificación especificados en proyecto.

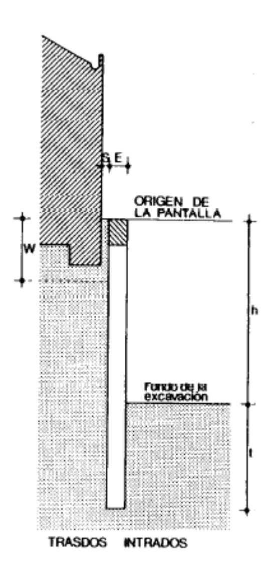
Condiciones Geométricas.

- En zonas de medianería: Se considera que soporta empujes de la cimentación superficial del edificio colindante, cuyo plano de apoyo se encuentre entre 1 y 2 m de profundidad contando desde la cabeza u origen de la pantalla.

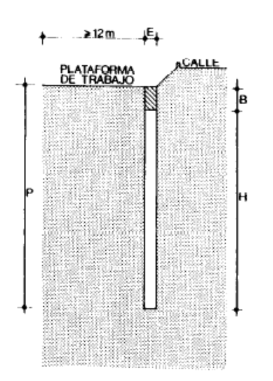
La distancia mínima entre el trasdós de la pantalla y la cimentación del edificio colindante será de 25 cm.

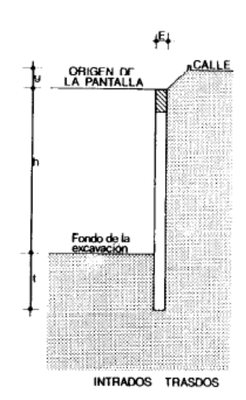
No se incluyen los casos en los que el nivel del terreno exterior en medianería esté a más de 2 m por encima del plano de apoyo de la cimentación colindante.





- En zonas de viales: Se considera que soportan empujes debidos a sobrecargas uniformes existentes en el trasdós de la pantalla, procedentes de viales o terraplenes.
El origen de la pantalla puede estar a nivel de calle o como máximo 2 m por debajo del terreno exterior al solar.





Nomenclatura:
B Canto de la viga de atado de paneles.
E Espesor de la pantalla (viga y paneles).
H Altura de paneles.
F Profundidad de la pantalla.
c Profundidad de la cimentación colindante.
g Desnivel entre el terreno exterior y el origen de la pantalla.
h Profundidad de la excavación.
s Distancia de la pantalla a la medianería.
t Empotramiento de la pantalla en el terreno.
w Profundidad de nivel freático máximo.
Se cumplirá siempre P=B+H=h+t






1.4. Detalles constructivos más representativos.

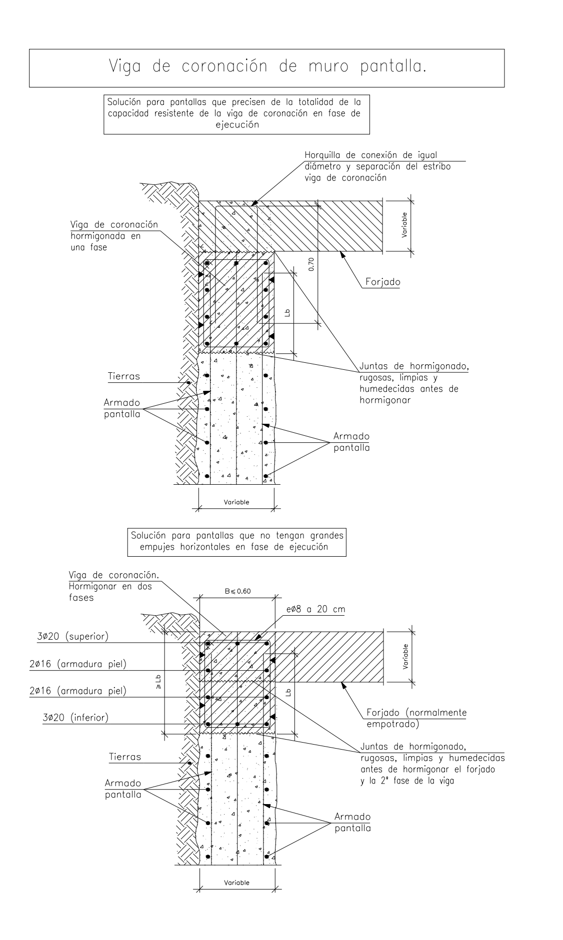
A continuación se incluyen varios detalles constructivos, los más usuales, que referencian la mayoría de puntos más importantes a controlar en la ejecución de los muros pantalla.

Los detalles son:

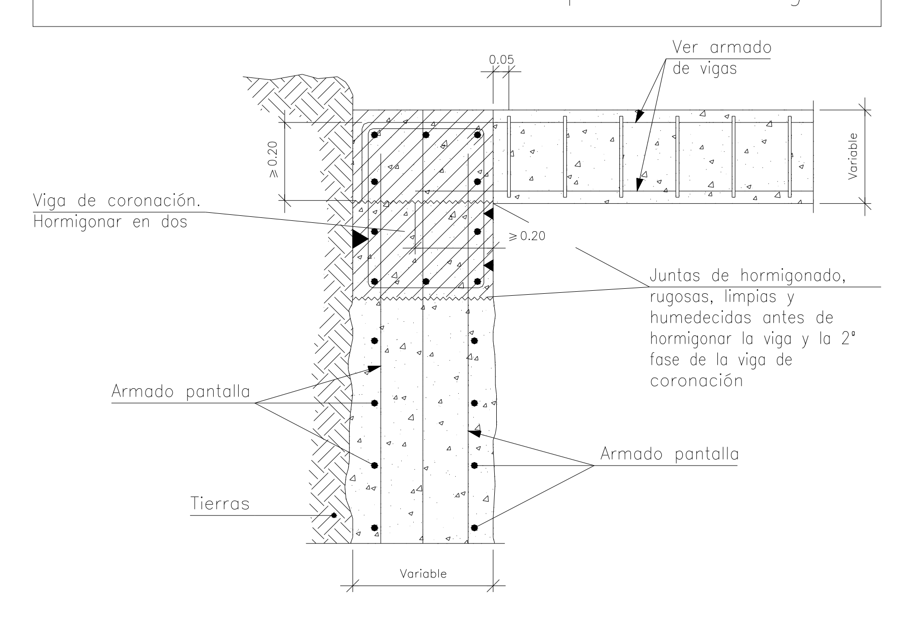
- Enlace intermedio en muro pantalla mediante cajetines puntuales. Losa maciza.
- Viga de coronación de muro pantalla.
- Enlace en coronación de muro pantalla con viga.
- Enlace intermedio en muro pantalla mediante taladros. Forjado unidireccional nervios in situ.
- Enlace intermedio en muro pantalla mediante cajetines puntuales. Forjado reticular casetón recuperable.
- Enlace de muro pantalla con losa de cimentación.
- Enlace intermedio en muro pantalla. Forjado unidireccional viguetas paralelas.
- Arranque de pilar en viga de coronación de muro pantalla. Hormigonado contra el terreno.
- Enlace en coronación de muro pantalla con rampa.
- Enlace en muro pantalla con viga.

Enlace intermedio en muro pantalla mediante cajetines puntuales. Losa maciza.

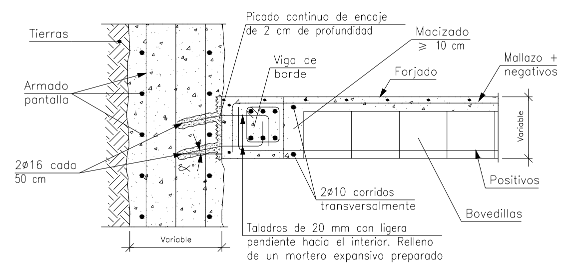
Tierras
Armado pantalla
Viga de borde
Se aconseja disponer 3ø12 inclinados a 45°
0.20
0.30
0.05
0.20
Espacio picado
Variable
Viga de borde
3ø8
3ø8
0.30
eø6a20
Esquema de barras. 3ø12
0.15
0.30
0.10
Línea de pantalla
45°
0.15
Viga corta embebida en losa que penetra en el muro a determinar
Armadura losa
Variable
≥ 1.00



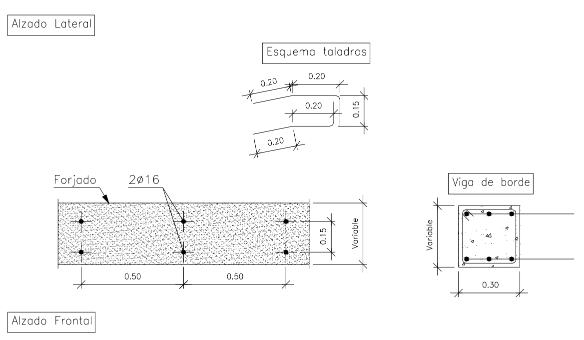




Enlace intermedio en muro pantalla mediante taladros.
Forjado unidireccional.
Nervios in situ.

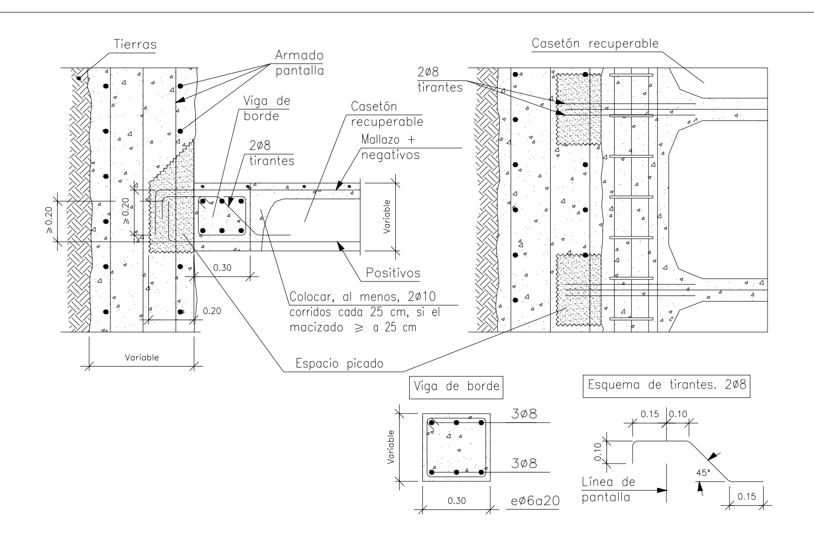


Alzado Lateral

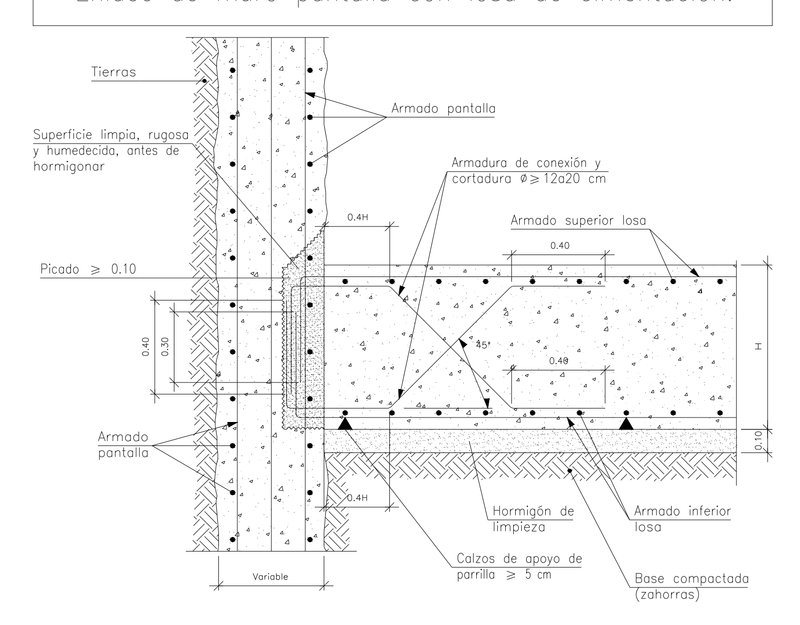


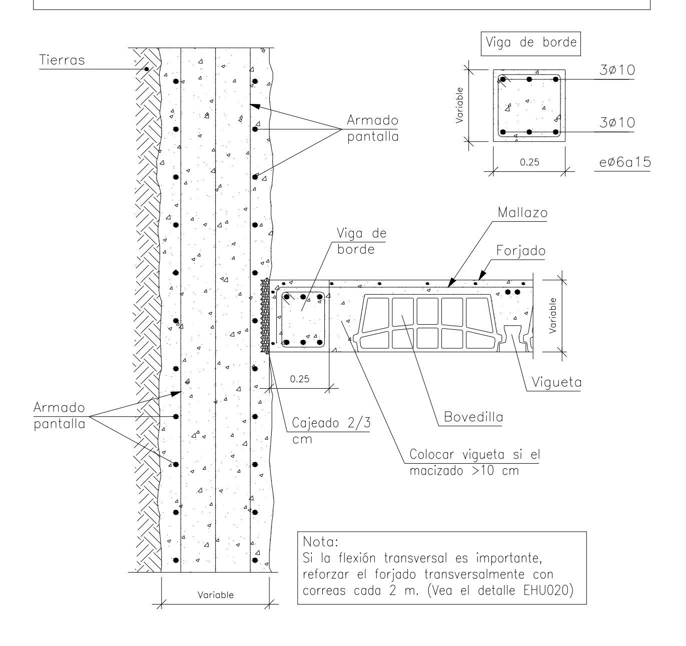
Alzado Frontal

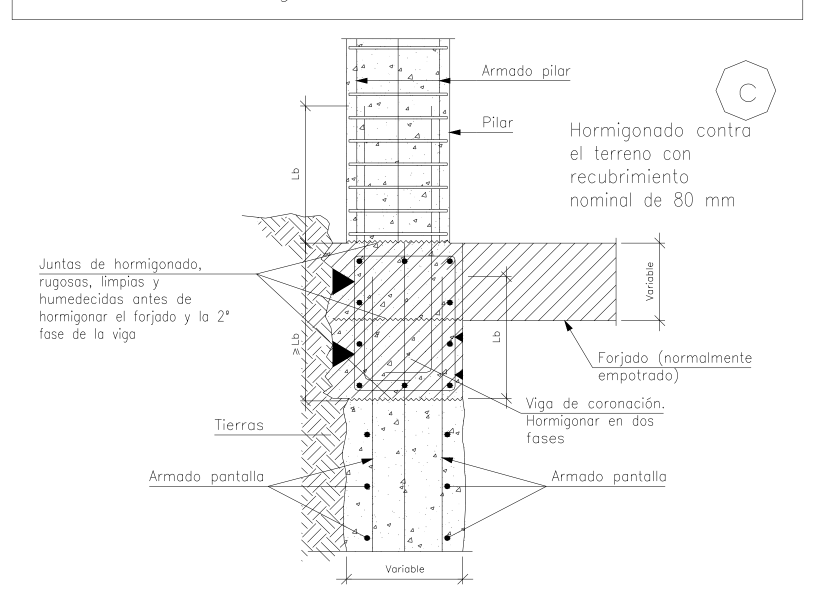
Enlace intermedio en muro pantalla mediante cajetines puntuales.
Forjado reticular.
Casetón recuperable.

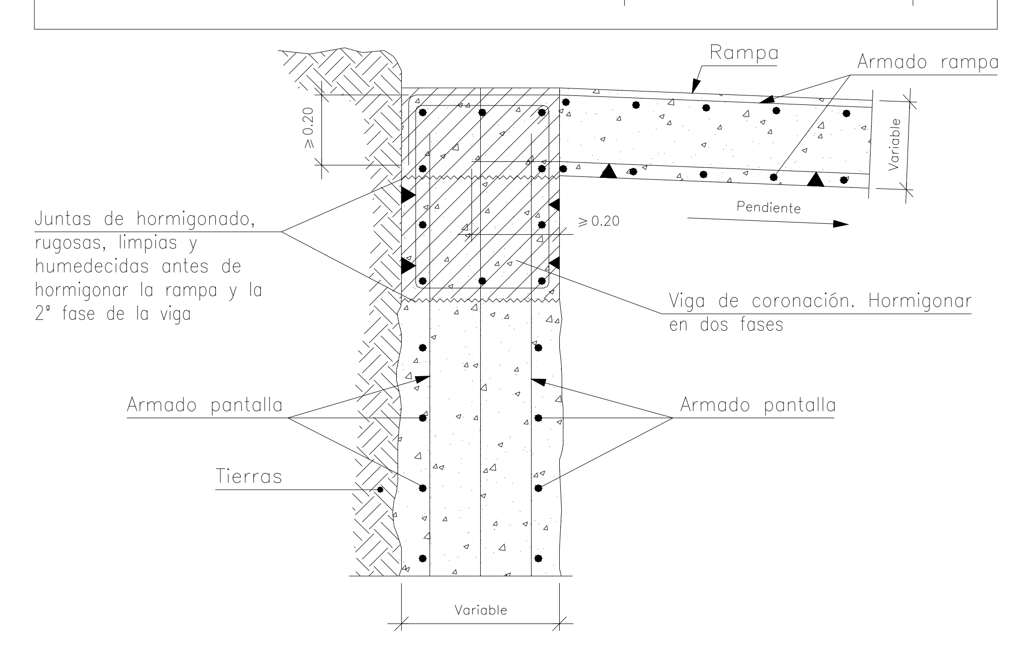


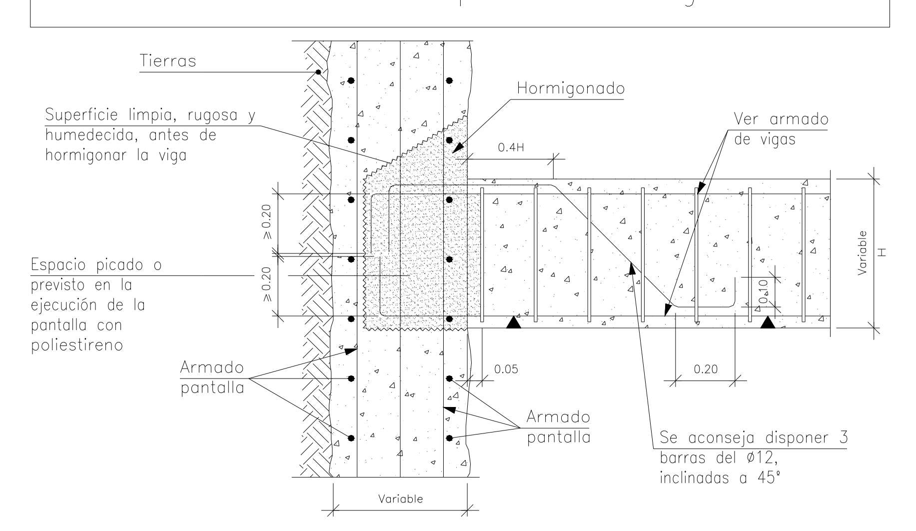
Enlace de muro pantalla con losa de cimentación.




Enlace intermedio en muro pantalla.
Forjado unidireccional.
Viguetas paralelas.
Tierras
Armado pantalla
Viga de borde
3ø10
Variable
3ø10
0.25
eø6a15
Mallazo
Forjado
Viga de borde
Variable
0.25
Vigueta
Armado pantalla
Cajeado 2/3 cm
Bovedilla
Colocar vigueta si el macizado >10 cm
Nota:
Si la flexión transversal es importante, reforzar el forjado transversalmente con correas cada 2 m. (Vea el detalle EHU020)
Variable


Arranque de pilar en viga de coronación de muro pantalla.
Hormigonado contra el terreno.
Armado pilar
C
Pilar
Hormigonado contra el terreno con recubrimiento nominal de 80 mm
Lb
Juntas de hormigonado, rugosas, limpias y humedecidas antes de hormigonar el forjado y la 2ª fase de la viga
Variable
≥Lb
Lb
Forjado (normalmente empotrado)
Viga de coronación. Hormigonar en dos fases
Tierras
Armado pantalla
Armado pantalla
Variable


Enlace en coronación de muro pantalla con rampa.
Rampa
Armado rampa
≥ 0.20
Variable
Pendiente
≥ 0.20
Juntas de hormigonado, rugosas, limpias y humedecidas antes de hormigonar la rampa y la 2ª fase de la viga
Viga de coronación. Hormigonar en dos fases
Armado pantalla
Armado pantalla
Tierras
Variable


Enlace en muro pantalla con viga.
Tierras
Hormigonado
Superficie limpia, rugosa y humedecida, antes de hormigonar la viga
0.4H
Ver armado de vigas
≥ 0.20
≥ 0.20
Espacio picado o previsto en la ejecución de la pantalla con poliestireno
Variable
H
0.10
0.20
0.05
Armado pantalla
Armado pantalla
Se aconseja disponer 3 barras del Ø12, inclinadas a 45º
Variable

1.5. Condiciones constructivas.

1.5.1. Precauciones contra defectos del terreno

Se comprobará que las características aparentes del macizo de terreno coincidan con las determinadas en el informe geotécnico.

Los lentejones de roca y/o construcción que traspasen los límites del vaciado, no se quitarán ni descalzarán sin previa autorización de la Dirección Técnica.

Cuando al excavar se encuentre cualquier anomalía no prevista, como variación de los estratos y/o de sus características, cursos de aguas subterráneas, restos de construcciones, valores arqueológicos, se parará la obra, al menos en este tajo, y se comunicará a la Dirección Técnica.

Cuando el terreno excavado pueda transmitir enfermedades contagiosas, se desinfectará antes de su transporte y no podrá utilizarse, en este caso, como terreno de préstamo, debiendo el personal que lo manipula estar equipado adecuadamente.

Siempre que circunstancias imprevistas se presente un problema de urgencia el constructor tomará provisionalmente las medidas oportunas, a juicio del mismo y se lo comunicará, lo antes posible, a la dirección Técnica.

1.5.2. Solera de asiento

Si las zapatas son de hormigón en masa o armado, sobre la superficie de la excavación debe extenderse una capa de hormigón, de regularización, que recibe el nombre de solera de asiento u hormigón de limpieza.

La solera de asiento tiene por misión crear una superficie plana y horizontal de apoyo de la zapata y, en suelos permeables, evitar que penetre la lechada del hormigón estructural en el terreno y queden los áridos de la parte inferior mal recubiertos, en ningún caso servirá para rasantear cuando el fondo de la excavación existan fuertes irregularidades.

El espesor mínimo de la solera de asiento será de 10 cm. El nivel de enrase de la solera de asiento será el previsto en el proyecto para la base de las zapatas y las vigas riostras. El perfil superior tendrá una terminación adecuada a la continuación de la obra.

1.5.3. Excavaciones



Excavación con cuchar bivalva.

1.5.3.1. Terminación de las excavaciones

La excavación y ejecución de un muro pantalla debe hacerse de modo alterno, un tramo si y otro tramo no: paneles discontinuos. Hasta terminar una serie, una vez terminada se empieza a trabajar en los espacios alternos.

La excavación se logra usando las cuchara bivalva de excavación, mecánica o hidráulica, para llevar a cabo la construcción de un muro pantalla se deben hacer como mínimo ciertas obras preliminares como es la construcción de muretes guía, que como su nombre indica, servirán de guía a la cuchara bivalva de excavación, las dimensiones, calidades y secciones de los muretes se ejecutaran de acuerdo a las especificaciones descritas en los planos y memorias del proyecto.

La cuchara utilizada para la excavación es una cuchara bivalva de excavación, la cual debido a su peso y empleo, requiere que los muretes guía sean resistentes a sus impactos y le ayuden a realizar una excavación alineada y recta, permitiendo que el eje longitudinal del muro pantalla permanezca siempre aplomado y no presente desvíos o curvas.

Además es muy frecuente el uso de lodos bentoníticos o tixotrópicos para la ejecución de las excavaciones de esta tipología de muros, ya sea por sus dimensiones o por la calidad del terreno a excavar. Este tipo de lodos ayudan a “entibar” el terreno a excavar debido a las características del mismo. Estos lodos al estar en continuo movimiento, tienen poca consistencia, y se comportan como un fluido. Sin embargo, cuando se deja de remover, la viscosidad de los lodos bentoníticos aumenta, adquiriendo la resistencia necesaria como para evitar que las paredes de la excavación caigan, favoreciendo de esta manera a la calidad del acabado superficial del muro pantalla.

1.5.3.2. Dimensiones de las excavaciones

Las excavaciones tendrán las dimensiones fijadas en el proyecto.

La cota de profundidad de estas excavaciones será la prefijada en los planos, o las que el Director de Obra ordene por escrito o gráficamente a la vista de la naturaleza y condiciones del terreno excavado.

1.5.3.3. Excavaciones en presencia de agua

En el caso de suelos permeables que requieran agotamiento del agua para realizar las excavaciones, el agotamiento se mantendrá durante toda la ejecución de los trabajos de cimentación.

El agotamiento debe realizarse de tal forma que no comprometa la estabilidad de los taludes o de las obras vecinas.

En el caso de excavaciones ejecutadas sin agotamiento en suelos arcillosos y con un contenido de humedad próximo al límite líquido, se procederá a un saneamiento del fondo de la excavación previo a la ejecución.

Cuando haya que efectuar un saneamiento temporal del fondo de las excavaciones por absorción capilar del agua del suelo, para permitir la

ejecución en seco, en los suelos arcillosos, se emplearán materiales secos permeables.

En el caso de excavaciones ejecutadas con agotamiento en los suelos cuyo fondo sea suficientemente impermeable como para que el contenido de humedad no disminuya sensiblemente con los agotamientos, debe comprobarse, según las características del suelo, si es necesario proceder a un saneamiento previo de la capa inferior permeable, por agotamiento o por drenaje.

1.5.3.4. Drenajes y saneamiento del terreno

Cualquier sistema para eliminar el agua del terreno o para rebajar el nivel freático se deberá realizar basándose en los resultados de una investigación geotécnica.

El agua se puede eliminar del terreno por drenaje por gravedad, por bombeo desde pozos, mediante well-points o pozos de drenaje, o por electro-osmosis.

El método dependerá de:
En el caso de excavaciones, el efecto del descenso del nivel freático debe mantener la estabilidad de las paredes de la excavación durante todo el proceso y debe evitar un excesivo levantamiento o rotura de la base, debido, por ejemplo, a presiones de agua bajo una capa menos permeable.
El proyecto adoptado no debe provocar asientos excesivos o daños en las estructuras cercanas.
El proyecto adoptado no debe provocar excesivos arrastres del terreno, debido a las filtraciones en la base o en los laterales de la excavación.

Excepto en los casos de materiales bien graduados, que pueden actuar por sí mismos como filtros, se deberán colocar alrededor de los puntos de achique unos filtros adecuados para asegurar que no produce un transporte significativo de material con el agua bombeada.

El agua extraída de una excavación debe ser evacuada lejos de la zona de excavación.

El plan de rebajamiento debe ser proyectado y ejecutado para mantener los niveles de agua y las presiones intersticiales de proyecto, sin fluctuaciones significativas.

Deberá haber un margen de capacidad de bombeo suficiente y deberá existir un equipo de repuesto para facilitar el mantenimiento o paliar un caso de avería.
Cuando se permita al nivel freático volver a su nivel original, se deberá tener cuidado para prevenir problemas tales como el colapso de los suelos que tengan una estructura sensible, como son por ejemplo las arenas sueltas.
El dispositivo adoptado no conducirá a una extracción excesiva de agua en una zona de captación de agua para el consumo.

1.5.3.5. Precauciones contra el hielo

Si el fondo de la excavación se inunda y hiela, o presenta capas de agua transformadas en hielo, no se procederá a la construcción del muro antes de que se haya producido el deshielo completo, o bien se haya excavado en mayor profundidad hasta retirar la capa de suelo helado.

La temperatura mínima de hormigonado será la indicada en la EHE.

No se utilizarán áridos congelados.

Se asegurará que la temperatura del hormigón recién elaborado sea la suficiente para que éste pueda permanecer por encima de los 0º C hasta que se haya iniciado el fraguado y, con él, las reacciones exotérmicas de hidratación del cemento.

1.5.3.6. Precauciones contra aterramientos

Deben adoptarse las disposiciones necesarias para asegurar la protección de las excavaciones contra los aterramientos, durante y después de la ejecución de aquéllas.

1.5.3.7. Precauciones contra la inundación

En el caso de inundación de las excavaciones durante los trabajos de cimentación, deben adoptarse las disposiciones necesarias de evacuación de las aguas. Estas disposiciones deben ser tales que en ningún momento, durante o después de la terminación de las obras, la acción del agua de lugar a

aterramientos, erosión, o puesta en carga imprevista de las obras, que puedan comprometer su estabilidad.

1.5.4. Ejecución de Muros Pantalla de hormigón armado.

Se ejecuta la excavación del pozo del panel (batache) con una cuchara bivalba, mecánica o hidráulica. La excavación se puede hacer con o sin bentonita (lodo bentonítico), de acuerdo a la calidad del terreno.

La bentonita es un lodo tixotrópico que suele usarse en estos casos.

Para efectuar la colocación de la junta entre paneles, se utilizan encofrados metálicos de junta lateral, los cuales se colocan antes de hormigonar para moldear las juntas. De esta manera se asegura la continuidad de la excavación y se utiliza de guía para la perforación del panel.

Estos encofrados se disponen verticalmente, bien fijados y empotrados en el fondo, para evitar que se produzcan movimientos y que se deslice el hormigón fresco por la base.

Estos encofrados suelen ser tubos, pueden ser con aletas o, planchas metálicas. Los más usados son los tubos, perfectamente lisos para que sea fácil extraerlos unas horas después de la hormigonada.

Los empalmes se hacen por roscado y debe prestarse atención en esta tarea, que a veces presenta dificultades.

Estos encofrados de junta poseen un elemento dispuesto en su extremo superior para ser cogidos y extraídos sin dificultad alguna.

Después se coloca la armadura, procurando que no toque el fondo sino que quede colgada.

Se hormigona el batache de abajo hacia arriba usando tubería tremie.

Por último, se descabezan las pantallas, es decir, se rompen los últimos 40 ó 50 cm. para descubrir las armaduras y para eliminar el hormigón de mala calidad que queda en las cabezas, debido generalmente a que se ha mezclado con bentonita.

Viga de arriostramiento: Ya descubiertas las armaduras, se ejecuta una viga cadena perimetral o longitudinal, según el caso, bien robusta, con una altura aproximada de 1 m, en la cual se dejan los anclajes de los soportes de la estructura que sirve.

2. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL.

Como en cada uno de los tipos de cimentación que estamos estudiando, para completar un estudio que ayude a una mejor ejecución de cada trabajo, se hace necesario empezar a estudiar cada trabajo mucho antes de que este realmente sea iniciado.
Por ello, debemos diferenciar 2 tipos básicos de procedimientos de control de los trabajos:

- Procedimiento de Control de Proyecto, donde, resumiendo mucho, se revisará la documentación previa existente (proyecto, estudio geotécnico, informes, etc.) para, saber qué es lo que vamos a hacer y de qué forma, y detectar errores, incongruencias o falta de información antes de que nos sea necesaria.

- Procedimiento de Control de Ejecución, en el que comprobaremos que la obra se está ejecutando conforme a proyecto y conforme a las directrices de la normativa que le sea de aplicación. Para finalizar comprobaremos que lo ejecutado cumple con los cánones de calidad que le son exigibles mediante los pertinentes ensayos.

Estos apartados serán desarrollados en el punto 8. ANEXOS.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO.

A continuación vamos a describir los procedimientos a seguir en la ejecución de Muros Pantalla.

El proceso de ejecución, en todos los casos, se hace a base de paneles excavados en el terreno (procedimiento in situ), desde la superficie, en forma alternada y con dimensiones generalmente entre 3 y 4 metros, para espesores entre 0,60 y 0,80 m.

3.1. Introducción.

Los **Muros Pantalla** son un tipo de Cimentación Profunda muy usada en edificios de altura, que actúa como un muro de contención y brinda muchas ventajas por ahorro de costes y mayor desarrollo en superficies.

Es la tipología de Cimentaciones más difundida en áreas urbanas para edificios con sótano en un solar entre medianeras.
Es un muro de contención que se construye antes de efectuar el vaciado del terreno, y trasmite los esfuerzos al terreno.

Para obtener más espacios de uso en edificios, se proyectan sótanos o subsuelos que muchas veces llegan hasta 20 metros de profundidad. Son éstas las soluciones ante los elevados costes de terrenos y la necesidad de obtener mayor superficie.

A estos efectos, se trata de conseguir muros de contención del menor espesor posible conservando una buena calidad y que ofrezcan seguridad y buen diseño.

Estos muros de contención de tan delgado espesor en relación a la profundidad excavada, debido a los empujes de la tierra y los efectos del agua, requieren de otros elementos constructivos que colaboren en la estabilidad de los mismos, como por ejemplo los anclajes.

Dentro del diseño de muros pantalla existen varias alternativas a elegir de acuerdo a las características del terreno y de la edificación a construir.

Tipos de Muro Pantalla.

Sistemas Autoportantes.

En esta clasificación se encuentran los *Muros de Ménsula* que trabajan como voladizo.

Esta tipología trabaja contra los empujes del terreno entre dos planos horizontales excavados en distintos niveles, y sirven de soporte debajo del fondo excavado.

Altura máxima de excavación del orden de 5 a 10 m. para espesores entre 0,50m y 1m.

En caso de excavaciones más profundas, compatibles con el espesor del soporte, se moldean contrafuertes en el suelo logrando la estabilidad mediante empujes pasivos desarrollados por el mismo suelo en la zona empotrada.

Si los contrafuertes son interiores, ocupan mucho espacio reduciendo la capacidad del sótano; si son exteriores, se aprovecha el rozamiento del terreno contra las superficies del contrafuerte.

Este sistema autoportante tiene el inconveniente que puede llegar a presentar importantes deformaciones perjudicando las estructuras de obras vecinas, con riesgos para las mismas.

Sistemas Arriostrados.

El sistema de arriostramiento es uno de los más usados para cimentaciones profundas llegando a profundidades mayores de 20 metros; y se vale de los anclajes del muro en el terreno, con la ventaja de que no necesita apuntalamientos.

Estos elementos de anclaje logran estabilidad con un muy bajo índice de deformaciones.

Se realizan los anclajes en uno ó más niveles, a medida que se avanza la excavación mediante cables empotrados con perforaciones pequeñas inyectadas con cemento, luego se tensan al aplicar esfuerzos iguales o superiores a los del terreno sobre el soporte.

El Sistema Ascendente-Descendente.

Consiste en alojar los pilares definitivos de la estructura de los sótanos con perforaciones efectuadas desde la superficie quedando éstos hormigonados en la parte inferior.

Este apoyo creado por la pared de soporte y los pilares colocados, permiten dar base y comienzo de la estructura ascendente simultáneamente con la excavación y forjado de los sótanos.

La difícil tarea de vaciado y evacuación de tierras queda compensada por la velocidad de la ejecución del conjunto estructural, pues este sistema ofrece una gran seguridad frente a construcciones aledañas al limitar los movimientos a valores muy bajos durante el retiro de tierras, que va compensándose con la construcción soterrada.

A efectos de limitar las deformaciones del soporte y lograr su estabilidad, se recurre a anclarlo en uno o varios niveles, a medida que progresan las excavaciones mediante cables alojados en perforaciones de diámetro pequeño, inyectados con cemento y con posibilidad de tensarse aplicando esfuerzos equivalentes a los empujes del terreno o superiores sobre el soporte.

3.2. Tareas previas.

Antes de comenzar con los trabajos de excavación de los paneles, se construyen dos muretes-guía de 0,8 a 1,5 metros de profundidad cuya función es definir el recorrido horizontal de la máquina.

La superficie exterior del muro pantalla debe estar separada de las paredes lindantes unos 20 cm. para facilitar los trabajos de las máquinas.

De cualquier forma para poder estudiarlo mejor, incluiremos está tarea previa como parte del proceso constructivo del muro pantalla.

3.3. Proceso constructivo.

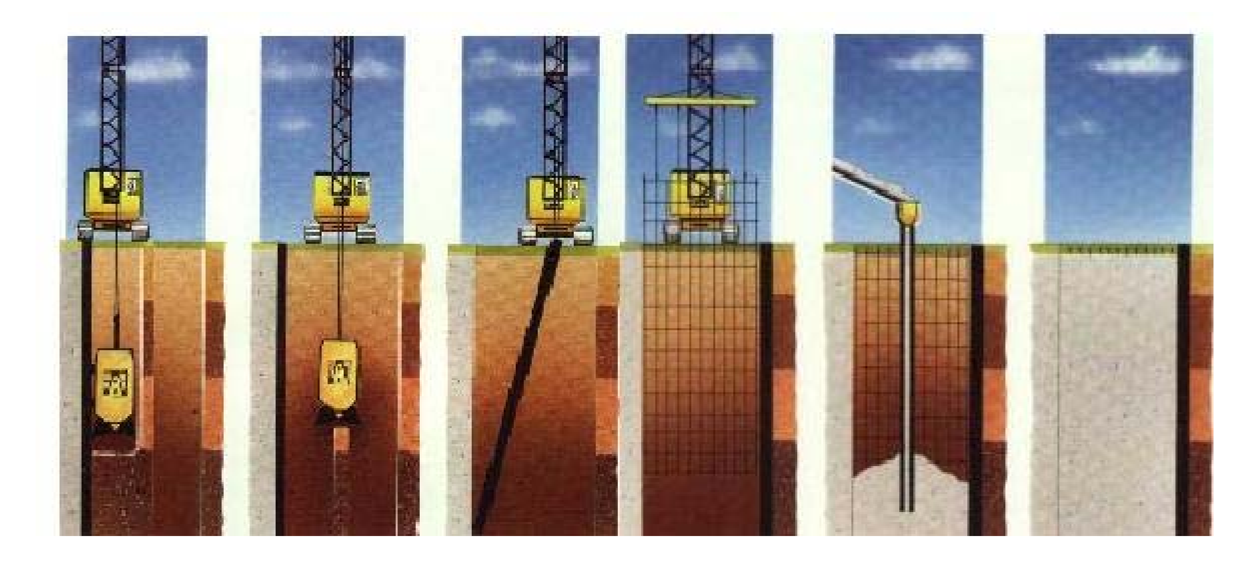


Procedimiento de excavación entre muretes guía.

A continuación se indican los pasos a seguir en el proceso constructivo del muro pantalla.

Para evitar las complicaciones que el proceso entraña, se ha de realizar en el menor tiempo posible.

La construcción de los distintos paneles se realiza alternando zanjas, y de la forma más continuada posible. Es decir: si disponemos de un pequeño muro pantalla de 8 paneles, se ha de procurar que cuando se esté excavando la 7ª zanja, a la vez se estén colocando la armadura y las juntas en la 5ª (previamente excavada), se esté hormigonando la 3ª (previamente excavada, y con la armadura y las juntas colocadas), y se haya concluido la 1ª zanja. Una vez concluido este paso, se procedería tal y como se acaba de explicar con la 2ª, 7ª y 5ª zanja, habiendo concluido la 3ª.



Ejecución panel de muro pantalla.

1. Construcción del murete guía.

El murete guía es un muro que se realiza a ambos lados de la zanja, donde se construirá la pantalla. Suelen tener de dimensiones entre 70 y 100 cm de altura, y entre 30 y 50 cm de espesor.

Las funciones del murete guía son:

Guiar el útil de excavación (cuchara al cable o equipo hidráulico).

Evitar la caída de terreno de la zona superior de la zanja por efecto del golpe del elemento excavador, y por ser una zona "descomprimida".

Facilitar que el lodo bentonítico se mantenga aproximadamente al nivel de la superficie de trabajo, haciendo que la presión del lodo sea superior que la del posible nivel freático, y permitiendo, con ello, que el lodo actúe correctamente sobre las paredes de la zanja.

Servir de soporte a la armadura: la armadura de los paneles se colgará del murete guía.



Muretes guía.

2. Excavación de la zanja por bataches.



Ejecución de bataches.

La longitud de los paneles a excavar es, generalmente de entre 3 y 6 m. El orden de ejecución de los paneles depende del sistema de excavación y del tipo de pantalla, ya que pueden ejecutarse por el método alterno o continuo.

La excavación se puede realizar de tres formas:

Cuchara bivalva: se emplea en terrenos que lo permitan (no demasiado duros). Dependiendo del fabricante, pueden llegarse a excavar terrenos que tengan una resistencia a compresión en torno a los 60 kg/cm2.

Trépano: se emplea en terrenos excesivamente duros, o en roca, que no pueden ser arrancados por la cuchara bivalva. El trépano es un elemento metálico, generalmente cilíndrico, de entre 2 y 3 m de altura, que pesa entre 5 y 10 t, y que se deja caer desde una altura de 1 a 3 m. Al caer, rompe el terreno del fondo de la zanja, que se extrae con la cuchara bivalba. Tiene como inconveniente que produce vibraciones elevadas. Esto convierte al trépano en un sistema de excavación prácticamente inviable en ciudades.

Hidrofresa: es un elemento excavador con ruedas dentadas que giran en sentidos contrarios, arrancando el terreno. La elevada fricción que se produce en las ruedas dentadas, hace necesaria la refrigeración de las mismas, así como de la roca. Para ello, se emplea como líquido refrigerante los lodos bentoníticos, que se inyectan mediante un dispositivo de la propia máquina. Los propios lodos se mezclan con los detritus de la excavación, gracias a lo cual se extraen del fondo de la zanja. Dado que los lodos bentoníticos se recirculan para permitir esta extracción, han de ser "reciclados", o limpiados, mediante la eliminación de los restos de terreno extraídos del fondo de la zanja. La hidrofresa, a pesar de ser el mejor sistema, pues apenas produce vibraciones y es el más rápido, presenta el inconveniente de que son máquinas caras, por lo que se puede elevar el coste de la construcción de la pantalla.

3. Colocación de la armadura.

La armadura ha de estar previamente montada o armada. Para su colocación, se eleva la armadura con una grúa, y se introduce en el panel.

Ha de quedar colgada, por medio de un elemento metálico, del murete guía.

La armadura no puede apoyarse en el fondo de la zanja, dado que flectaría, y al entrar en contacto con las paredes de la excavación, perdería el recubrimiento de hormigón de los laterales de la misma, así como su misión estructural.



Armaduras colocadas.

4. Colocación de las juntas o encofrados laterales.

Antes de hormigonar, se colocan unos encofrados laterales o juntas, entre el panel excavado y el panel que se excavará más adelante.

La misión de estas juntas es evitar que se produzcan problemas a la hora de excavar los paneles contiguos. De no colocarse, habría irregularidades entre los paneles, que darían lugar a filtraciones que podrían resultar antiestéticas, o incluso peligrosas.

Estas juntas pueden ser láminas metálicas o tubos de hormigón prefabricado.

En ocasiones se dispone longitudinalmente, y a través de la junta, un elemento de goma de entre 30 y 40 centímetros de anchura. Cuando ha fraguado el hormigón, se retira la junta. Y al ejecutar el nuevo panel, el elemento de goma evita que puedan producirse filtraciones en la unión entre ambos paneles.

A pesar de que la colocación de este elemento de goma no es habitual, debería ser obligatorio.



Encofrados laterales.

5. Hormigonado.

Al hormigonar, la zanja está llena de lodo bentonítico.

Para evitar que el hormigón se contamine al mezclarse con estos, es necesario que se hormigone con un tubo capaz de alcanzar una profundidad 3 m mayor a la parte superior del hormigón.

Como la densidad del hormigón es superior a la de los lodos bentoníticos, quedará por debajo del lodo, y éstos se pueden ir extrayendo en superficie.

Una vez que concluye el hormigonado, la parte superior del hormigón está contaminada por los lodos. Por lo tanto, habrá que seguir hormigonando hasta que rebose, extrayendo la parte contaminada de hormigón.

6. Construcción de la viga de coronación.

Una vez realizados todos los paneles del muro a ejecutar, se hace una viga de coronación. Consiste en una viga de hormigón, que une la parte superior de todos los paneles.

La viga de coronación tiene dos misiones:

Hacer que todos los paneles trabajen conjunta o solidariamente.
Eliminar definitivamente el hormigón de la parte superior, que pudiera estar contaminado por los lodos bentoníticos, a pesar de todas las precauciones.



Viga de coronación.

7. Excavación del recinto interior.

Una vez realizadas todas las operaciones previas, puede procederse a la excavación del recinto (generalmente interior) del muro pantalla.

Si se ha previsto ejecutar elementos de soporte (anclajes o puntales), se van colocando a medida que se realiza la excavación.

3.4. Aspectos a tener en cuenta.

- Cuidar que la armadura se coloque sin tocar el fondo de la excavación.
- Hormigonar de abajo hacia arriba usando tubería tipo tremie.
- Cuando se construye un muro pantalla continuo, se ejecuta un muro de hormigón empleando el mismo terreno como encofrado.
- Para que las paredes de la excavación se mantengan, se usan lodos bentoníticos o polímeros que se utilizan rellenando la excavación y creando un contra-empuje hidroestático lo cual permite mantener estables las tierras hasta el proceso de hormigonado.
- Por lo general, los muros pantalla continuos se emplean en excavaciones bajo nivel freático.
- Los muros pantalla, por lo general trabajan a la flexión, por tal razón es importante la cuantía de la armadura. Siempre debe comprobarse el cálculo de la pantalla para asegurar su correcto dimensionamiento.
- Capa Freática: Durante la excavación, como en cualquier cimentación profunda, debe considerarse la existencia del nivel freático. La existencia de agua (en relación a los esfuerzos) provoca una disminución de las

propiedades y las características resistentes en suelos saturados y también genera una presión adicional sobre el frente de la excavación. Es conveniente realizar un estudio hidrológico donde se indique la forma de efectuar su extracción.

Especificar en cada caso el tipo y número de bombas, los caudales máximos, etc.

Para realizar los trabajos de excavación siempre resulta más sencillo construir una pantalla perimetral continua.

Después de finalizar el recinto perimetral, se procede a extraer el agua mediante Pozos de Bombeo o Well-Point.

.

4. LISTAS DE COMPROBACIÓN.

Se realizará cada una de las siguientes verificaciones, según se detalla cada apartado en los anexos

1. Control de recepción de materiales certificados
   - 1.1. Suministro.
   - 1.2. Distintivos de calidad.
   - 1.3. Ensayos.
2. Control de recepción de materiales no certificados.
   - 2.1. Suministro.
   - 2.2. Ensayos.
3. Control de ejecución.
   - 3.1. Replanteo y geometría.
   - 3.2. Materiales.
     - 3.2.1. Hormigón fabricado en central.
     - 3.2.2. Hormigón fabricado en obra.
     - 3.2.3. Barras de acero.
   - 3.3. Verificaciones previas.
     - 3.3.1. Excavaciones.
     - 3.3.2. Cimientos.
   - 3.4. Colocación y ejecución.
     - 3.4.1. Excavaciones.
     - 3.4.2. Armados para hormigón.
       - 3.4.2.1. Sujeción.
       - 3.4.2.2. Empalme para hormigón.
       - 3.4.2.3. Separadores.
       - 3.4.2.4. Cortado.
     - 3.4.3. Encofrados y desencofrados.
       - 3.4.3.1. Diseño.
       - 3.4.3.2. Puesta en obra de los encofrados.
       - 3.4.3.3. Material.
     - 3.4.4. Hormigonado.
       - 3.4.4.1. Condiciones encofrados.
     - 3.4.5. Uniones elementos.
       - 3.4.5.1. Genérico.
       - 3.4.5.2. Hormigón / Hormigón.
       - 3.4.5.3. Hormigón / Perfiles metálicos.
       - 3.4.5.4. Hormigón / Cerámica.
       - 3.4.5.5. Hormigón / Bloque.
       - 3.4.5.6. Hormigón / Madera.
4. Control de la obra acabada.
5. Verificaciones posteriores.
6. Estructura de hormigón.

6.2 PILOTAJE.

Pilotes: Elementos de cimentación de gran longitud que se hincan directamente en el terreno o bien se construyen en una cavidad previamente abierta en el mismo.
La cimentación mediante pilotes es necesaria cuando la cimentación superficial o semiprofunda no es posible por razones técnicas, de dimensiones o económicas.

Forma de trabajo de los pilotes.

- Contribución por fuste: se basa en la fricción entre el terreno y el pilote.
- Contribución por punta: se basa en el apoyo normal en capas inferiores.

Criterios básicos de utilización de los pilotes.

- Cuando en superficie las capas no son suficientemente resistentes como para obtener tamaños de cimentación superficial aceptables cumpliendo las condiciones en rotura y de servicio (asientos).
- Relleno de suelo blando que nunca ha sido sometido a una carga exterior (suelo normalmente consolidado).
- Estricta limitación de asientos, asientos diferenciales o asientos sobre otras estructuras. Los pilotes son cimentaciones que dan lugar a movimientos muy pequeños en comparación con las cimentaciones superficiales.
- Terreno heterogéneo. Presencia de capas de apoyo duras a profundidad variable.
- Cargas muy fuertes: Offshore, muelles en zonas portuarias, muros, apoyos de puentes, cargas verticales invertidas (tracción).

En todo caso debe considerarse la posible mejora del terreno por ejemplo mediante precarga o eliminación de capas de terreno blando.

Tipología de pilotes.

<u>Por la forma de transmitir la carga al terreno.</u>

Columna: fuerte predominio de la componente de punta (capa resistente bajo suelo blando).

Flotantes o de rozamiento: transmisión a lo largo del pilote al suelo deformable al que se adhiere por fuste.

Según la NTE se puede establecer que:

- $P > 3F$ el pilote trabaja esencialmente por punta.
- $P < 3F$ el pilote trabaja esencialmente por fuste.

Por la forma de puesta en obra con respecto al terreno.

Pilotes de desplazamiento o hincados: se instala en el terreno desplazando en el terreno un volumen de suelo equivalente. Primero el terreno sube, pero luego solo se comprime.
Se caracterizan por:
- fuerte fricción suelo - pilote (el pilote queda fuertemente confinado).
- alteración del suelo: en general mejora por compresión del terreno.
- para reducir el coste de hinca puede interesar que el pilote sea liso.

Pilotes de extracción: se excava previamente el terreno donde se va a instalar el pilote. A continuación se ejecuta el pilote.
Se caracterizan por:
- débil fricción suelo - pilote debido a la débil tensión normal.
- interesa que el pilote sea rugoso para mejorar la contribución por fuste.

Pilotes de extracción - desplazamiento: se excava previamente un volumen de suelo inferior al que ocupará el pilote terminado. Se hace para reducir el coste de la hinca en un terreno medio.

Por el lugar de fabricación y la forma de ejecución.

Prefabricados: en este caso se transportan desde una planta de fabricación y se hincan por percusión, por presión o vibración, mediante gatos hidráulicos, roscados al terreno o, se instalan en perforaciones previamente perforadas.

Ejecutados in situ: hay varias tipologías:

1. Hinca de entubación recuperable con un **azuche** (tapón perdido en la punta de la entubación). Se hormigona en el interior de la entubación que se va extrayendo simultáneamente al hormigonado. Siempre deben quedar 2 diámetros de hormigón dentro de la camisa para evitar la entrada de agua. Se extrae la entubación mediante golpeo lateral que sirve para vibrar el hormigón. CPI 2.
2. Idem pero con **tapón de gravas** en lugar del azuche. En este caso el golpeo se hace con un martillo interior que golpea sobre el tapón. CPI 3.
3. Extracción mediante cuchara (trépano si es terreno duro) con entubación recuperable. Al hormigonar se quita la entubación. CPI-4.
4. **Extracción** mediante cuchara (trépano si es terreno duro) con entubación no recuperable. CPI-5.
5. **Perforados con hélice** y manteniendo la excavación con lodos tixotrópicos (mezcla de agua con arcilla bentonítica) que mantienen las paredes evitando los derrumbes. CPI-6.
6. **Barrenados**: introduciendo un mortero por el eje de la barrena que desplaza el terreno triturado. Finalmente se va extrayendo la barrena y al mismo tiempo se hormigona. Las armaduras se introducen en el hormigón fresco. CPI-7.

Según el material.

Madera: bajo el agua se conserva bien.
Metálicos: aprovechar perfiles laminados. Velocidad de oxidación es lenta.
Hormigón: armado o pretensado.
Mixtos: combinación de perfiles con hormigón.

Clasificación de los pilotes según NTE.

CPP: pilotes prefabricados con azuche para hinca.
CPP: disposición en grupo de 3.
CPI-2: Pilotes desplazamiento con azuche y camisa recuperable.
CPI-3: Pilotes desplazamiento con tapón de gravas y camisa recuperable.
CPI-4: Pilotes extracción con cuchara y camisa recuperable.
CPI-5: Pilotes extracción con cuchara y camisa perdida.
CPI-6: Pilotes perforados sin entubación y con lodos tixotrópicos.
CPI-7: Pilotes barrenados sin entubación.
CPI-8: Pilotes barrenados sin entubación. Hormigonado por eje barrena.

Para este proyecto vamos a realizar una diferenciación básica de pilotes entre:

PILOTES PREFABRICADOS.
PILOTES IN SITU.

Y sobre esta diferenciación, realizaremos un pequeño estudio de cada uno de ellos, para acabar realizando un protocolo de actuación en la gestión de la ejecución y el control de calidad. Finalmente crearemos las pertinentes listas de comprobación para un ágil desarrollo de dicho trabajo.

CPP-1

CPP-2

CPI-2

CPI-3

CPI-4

CPI-5

CPI-6

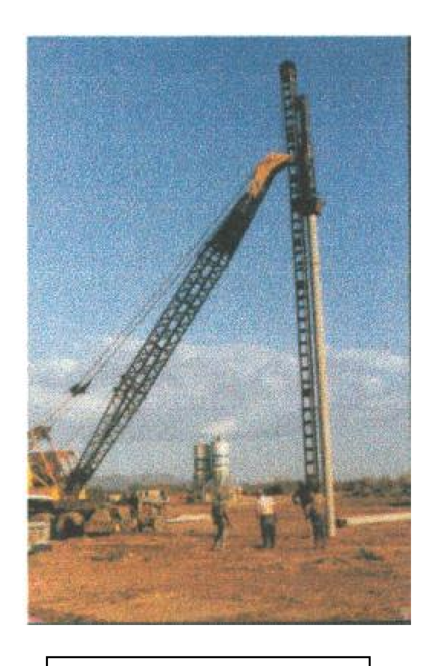
CPI-7

CPI-8

6.2.1 PILOTES PREFABRICADOS.

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.

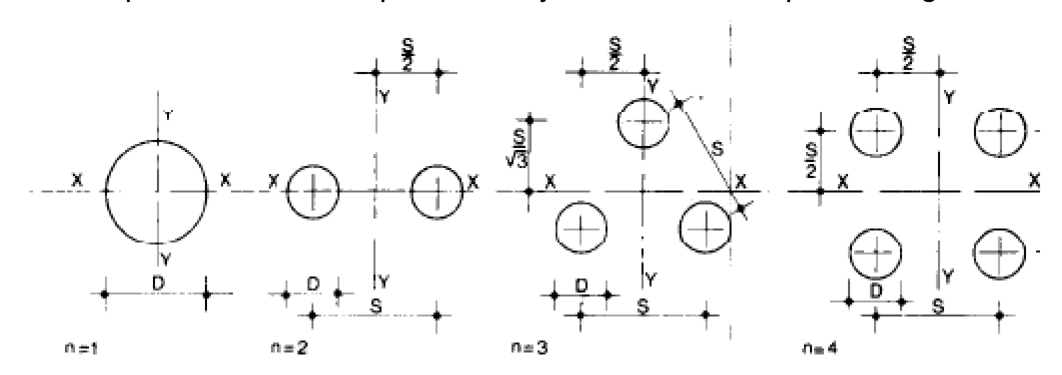


Hinca de pilote.

1.1. Concepto y descripción de unidades más frecuentes.

Cimentaciones de edificios de estructura porticada, mediante grupos de pilotes de hormigón armado prefabricado en instalaciones permanentes y fijas o fabricados en instalaciones de obra, hincados verticalmente en el terreno en su totalidad y a profundidades comprendidas entre los 8 diámetros y los 60 diámetros.

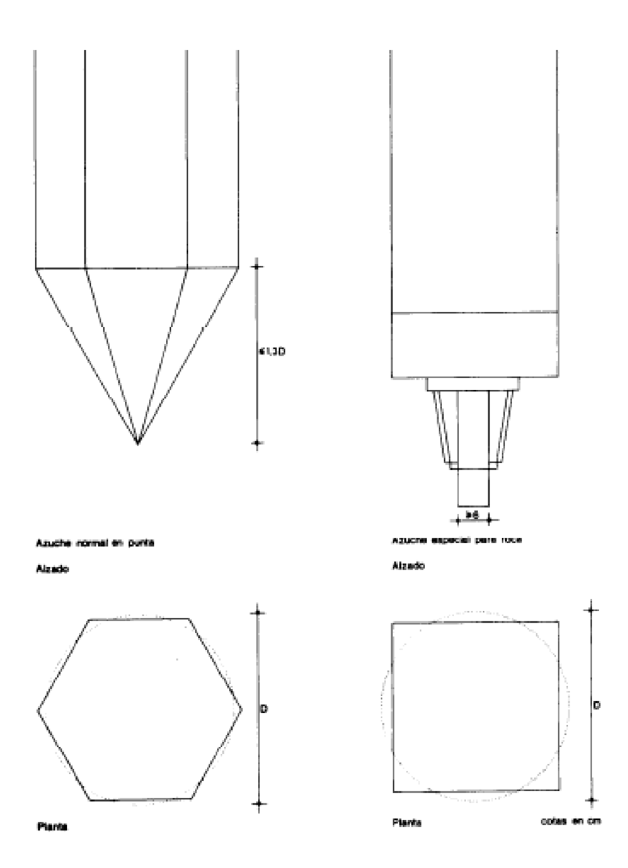
Las disposiciones de los pilotes se ajustarán a los esquemas siguientes:



Siendo:
D: Diámetro.
S: Separación entre ejes.
L: Longitud.

1.2. Diseño y elección del sistema.

El pilote es una pieza lineal de directriz recta compuesta por uno o varios tramos de sección constante, circular o poligonal regular, de diámetro equivalente. Con un elemento especial en la punta o azuche, para la hinca.

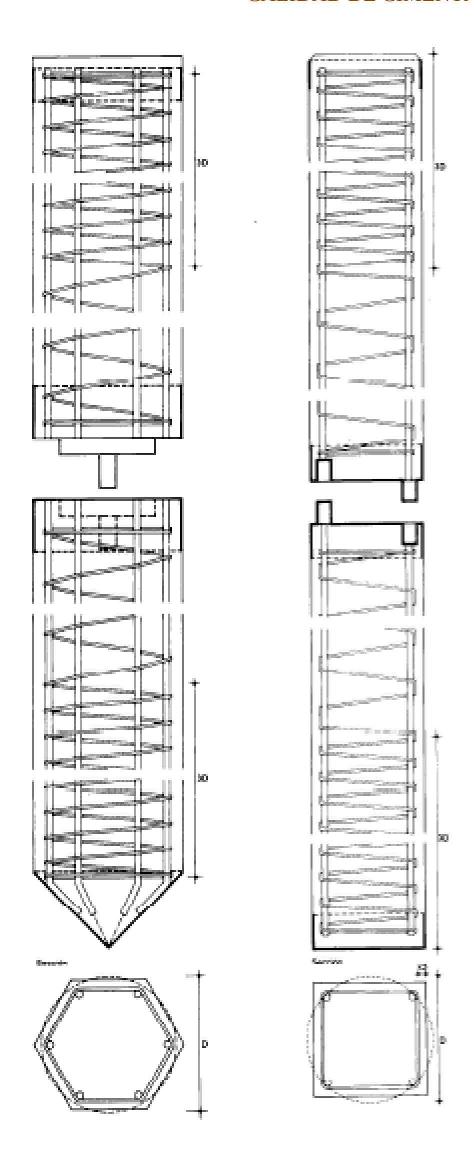


Llevará identificación de serie y fecha de fabricación.

El pilote será capaz de soportar las operaciones de transporte manejo e hinca de forma que no se produzcan roturas ni fisuras mayores de 0.15 mm.

No presentará una flecha mayor de 1/300 de su longitud, ni pandeos locales mayores de 1 cm por metro de longitud.

Cuando el pilote esté compuesto de varios tramos, el sistema de empalme garantizará el comportamiento del conjunto como si fuese un pilote de un solo tramo.



El azuche será normal o especial para roca. El normal consistirá en un revestimiento de función o acero, plano, en punta cónica o piramidal.
El especial para roca, dispondrá como punta, de un tocho cilíndrico de acero de diámetro no menor de 6 cm y de resistencia no menor que la del pilote.

El hincado en el terreno se realizará mediante un dispositivo de hinca que asegure la penetración vertical.
El dispositivo de hinca, o martinete, dispondrá de maza y gemelas o guías.
Las mazas podrán ser:

- De caída libre, y de simple efecto con peso no menor de 0.5 veces el peso del pilote o tramo, y altura de caída no mayor de 2m.
- De doble efecto y Diesel, con peso equivalente no menor de 0.5 veces el peso del pilote o tramo. Siendo el peso equivalente un número de toneladas igual a la energía del golpe de la maza en t.m.

Entre la maza y la cabeza del pilote se dispondrá una almohadilla, de madera dura u otro material elástico, y un casco, sombrerete o sufridera de acero, provisto de alas laterales deslizables sobre las guías del martinete.

Los pilotes se hincarán en el terreno hasta la profundidad prevista en el cálculo.

Cuando el pilote sea con Azuche especial, por disponerse su punta en roca, se hincará hasta la profundidad de ésta, dándose a continuación del orden de 300 golpes, reduciendo la energía de éstos disminuyendo la altura de caída de la maza a unos 5 cm.

La hinca se terminará con una serie de 10 a 20 golpes, con la energía de golpe normal para asegurar el apoyo.

A ser posible, se descabezará a mano o con martillos picadores pequeños para no dañar la parte sana.

Se mantendrá la sección del pilote en una altura que permita una entrega en el encepado de 5 cm.

La armadura longitudinal quedará descubierta en una longitud no menor de 50 cm.



Armadura longitudinal.

1.3. Elementos constitutivos comunes.

Pilotes:

- Pilotes de hormigón armado prefabricado en instalaciones permanentes y fijas o fabricados en instalaciones de obra.

Armadura colocada en obra:

- Barras corrugadas de acero, de características físicas y mecánicas indicadas en proyecto.

1.4. Detalles constructivos más representativos.

A continuación se incluyen varios detalles constructivos, los más usuales, que referencian la mayoría de puntos más importantes a controlar en la ejecución de los pilotes prefabricados.

Los detalles son:

- Pilotes prefabricados.
- Grupo de pilotes prefabricados.

CPP-1 PILOTE PREFABRICADO

Azuche normal en punta

Alzado

Azuche especial para roca

Alzado

Planta

Planta

cotas en cm

Seccion

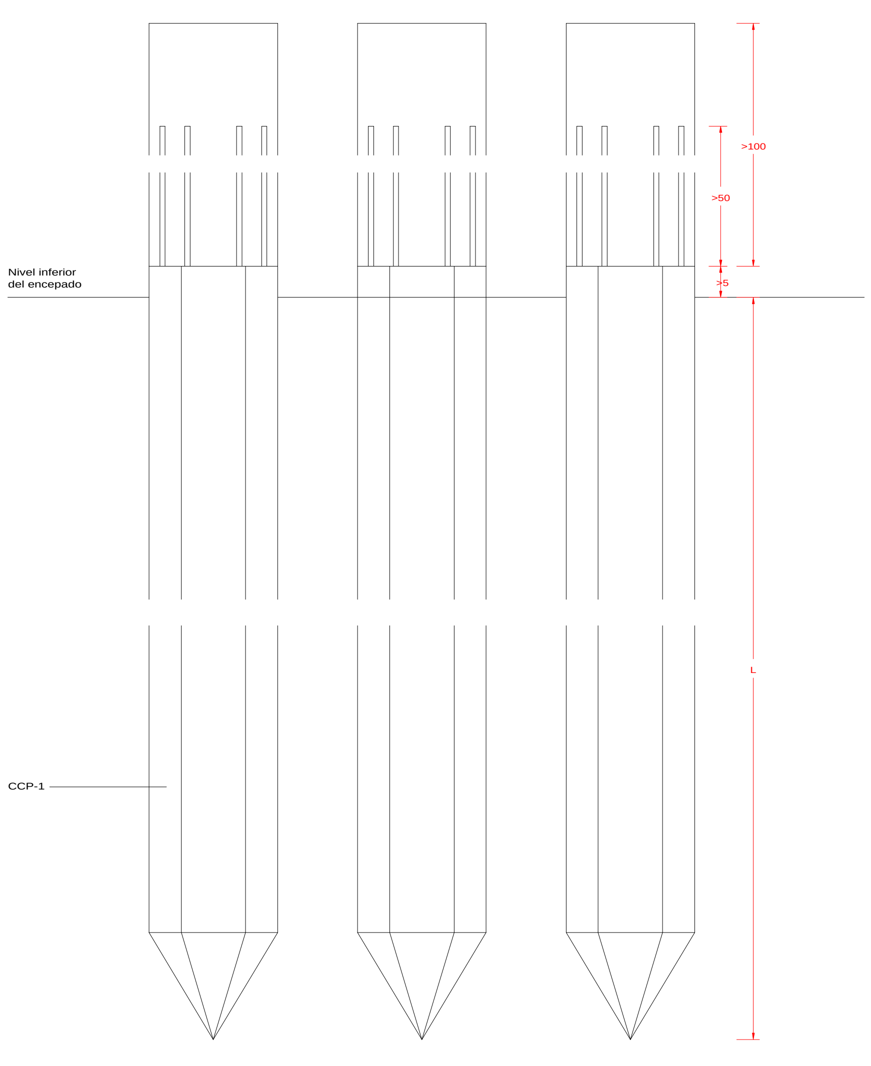
Seccion

Planta

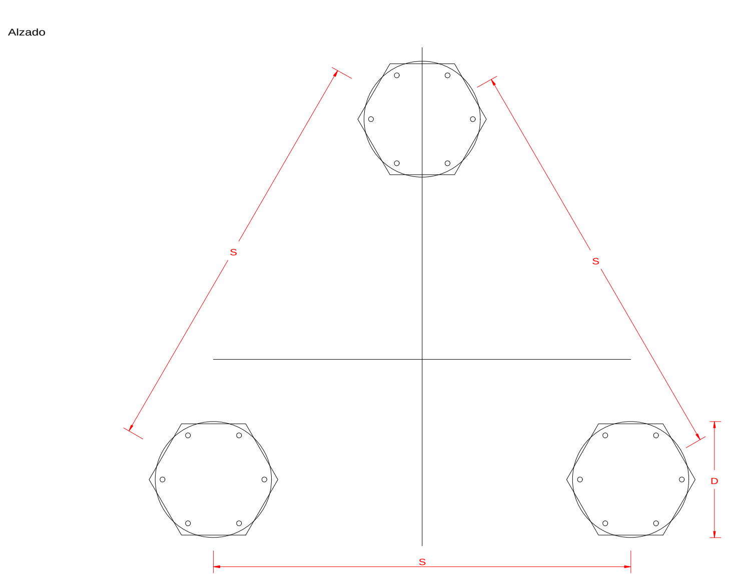
Planta

cotas en cm

CPP-2 GRUPO DE PILOTES PREFABRICADOS



Alzado



Planta

cotas en cm

1.5. Condiciones constructivas.

Los Pilotes Prefabricados pertenecen a la categoría de Cimentaciones Profundas, también se los conoce por el nombre de Pilotes Premoldeados; pueden estar construidos con hormigón armado ordinario o con hormigón pretensado.

Los pilotes de hormigón armado convencional se utilizan para trabajar a compresión; los de hormigón pretensado funcionan bien a la tracción, y sirven para tablestacas y cuando deben quedar sumergidos bajo agua.

Estos pilotes se clavan en el terreno por medio de golpes que efectúa un martinete o con una pala metálica equipada para el hincado del pilote.

Su sección suele ser cuadrada y sus dimensiones normalmente son de 200x200 mm, de 235x235 mm, de 270x270 mm, de 300x300 mm, de 350x350 mm, o de 400x400 mm.

También se construyen con secciones hexagonales en casos especiales.

Están compuestos por dos armaduras: una longitudinal con 4 diámetros de 25 mm y otra transversal compuesta por estribos de varilla de sección 8 mm como mínimo.

La cabeza del pilote se refuerza uniendo los cercos con una separación de 5 cm. en una longitud que oscila en 1 m. La punta va reforzada con una pieza metálica especial para permitir la hinca.



Vista aérea.

2. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL.

Como en cada uno de los tipos de cimentación que estamos estudiando, para completar un estudio que ayude a una mejor ejecución de cada trabajo, se hace necesario empezar a estudiar cada trabajo mucho antes de que este realmente sea iniciado.

Por ello, debemos diferenciar 2 tipos básicos de procedimientos de control de los trabajos:

- Procedimiento de Control de Proyecto, donde, resumiendo mucho, se revisará la documentación previa existente (proyecto, estudio geotécnico, informes, etc.) para, saber qué es lo que vamos a hacer y de qué forma, y detectar errores, incongruencias o falta de información antes de que nos sea necesaria.

- Procedimiento de Control de Ejecución, en el que comprobaremos que la obra se está ejecutando conforme a proyecto y conforme a las directrices de la normativa que le sea de aplicación. Para finalizar comprobaremos que lo ejecutado cumple con los cánones de calidad que le son exigibles mediante los pertinentes ensayos.

Estos apartados serán desarrollados en el punto 8. ANEXOS.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO.

3.1 Introducción.

En ocasiones, cuando comenzamos a realizar la excavación para la ejecución de una obra, podemos encontrarnos diversas dificultades para encontrar el estrato resistente o firme donde queremos cimentar. O simplemente se nos presenta la necesidad de apoyar una carga aislada sobre un terreno sin firme o difícilmente accesible por métodos habituales.

En estos casos se recurre a la solución de cimentación profunda, que se constituye por medio de muros verticales profundos, los muros pantalla o bien a base de pilares hincados o perforados en el terreno, denominados pilotes.
En cualquier caso el objetivo es adoptar una solución constructiva que reúna las siguientes condiciones:

- Facilidad en la ejecución.
- Garantía en el comportamiento resistente.

Cuando la relación que existe entre la profundidad y el ancho de la base de un cimiento es mayor que 5, calificamos a la cimentación como profunda.

Denominamos pilote a un soporte, normalmente de hormigón armado, de una gran longitud en relación a su sección transversal, que puede hincarse o construirse "in situ" , en una cavidad abierta en el terreno. Constituye un sistema constructivo de cimentación profunda al que denominamos: cimentación por pilotaje.

<u>PARTES DE UNA CIMENTACION POR PILOTAJE.</u>

1) Soporte o pilar: Elemento estructural vertical, que arranca del encepado.
2) Encepado: Pieza prismática de hormigón armado similar a una zapata aislada, encargado de recibir las cargas del soporte y repartirlas a los pilotes.
3) Vigas riostras: Elementos de atado entre encepados. Son obligatorias en las dos direcciones si el encepado es de un solo pilote. En encepados de dos pilotes es obligatorio el arriostramiento en al menos una dirección, la perpendicular a la dirección de su eje de menor inercia.

4) Fuste del pilote: Cuerpo vertical longitudinal del pilote. Las cargas son transmitidas al terreno a través de las paredes del fuste por efecto de rozamiento con el terreno colindante.
5) Punta del pilote: Extremo inferior del pilote. Transmite las cargas por apoyo en el terreno o estrato resistente.
6) Terreno circundante.

Los pilotes pueden alcanzar profundidades superiores a los 40 m teniendo una sección transversal de 2-4 m, pudiendo gravitar sobre ellos una carga de 2000 toneladas.

La eficacia de un pilote depende de:

a) El rozamiento y la adherencia entre el suelo y el fuste del pilote.
b) La resistencia por punta, en el caso de transmitir compresiones. Ante posibles esfuerzos de tracción, se puede ensanchar la parte inferior del pilote, de forma que trabaje el suelo superior.
c) La combinación de las dos anteriores.

APLICACIONES

El empleo de cimentaciones mediante pilotaje está indicado en los siguientes casos:

- Cuando la carga transmitida por las estructuras no puede ser distribuida en el terreno de forma uniforme mediante el empleo de sistemas de cimentación directa como zapatas o losas.
- Cuando el nivel del firme no puede ser alcanzado de forma sencilla o se encuentra a gran profundidad.
- Cuando los estratos superiores del terreno son poco consistentes hasta cotas profundas, contienen gran cantidad de agua o bien se necesita cimentar por debajo del nivel freático.
- Cuando se prevea que los estratos inmediatos a la superficie de cimentación pueden determinar asientos imprevisibles de cierta importancia.
- Si se quiere reducir o limitar los posibles asientos de la edificación.
- En presencia de grandes cargas y concentradas.
- Si las distintas capas superficiales de los terrenos pueden sufrir variaciones estacionales como hinchamientos, retracciones, etc.
- En edificaciones sobre el agua.



Trabajos cercanos al agua.

PILOTES PREFABRICADOS.

Se definen como cimentaciones por pilotes hincados a percusión, las realizadas mediante hinca en el terreno, por percusión sobre su cabeza, sin rotación, de pilotes de hormigón armado, hormigón pretensado, acero o madera. La profundidad de hincado del pilote habrá de ser igual o mayor que ocho veces la dimensión mínima del mismo.

También se considera el pilote cuya hinca se efectúa por vibración, y en el que se comprueba el rechazo final con tres andanadas de hinca por percusión.

Materiales.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

- **Pilotes de hormigón armado o pretensado.**

Además de lo expuesto en este punto se estará a lo indicado en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE), e Instrucción para la Recepción de Cementos.

El tipo de hormigón a emplear será el fijado en el Proyecto. En cualquier caso, la dosificación de cemento no será inferior a 350 kg/m3, y el tamaño máximo del árido grueso no será superior a 25 mm. La resistencia característica a compresión a veintiocho días no será inferior al mayor de entre los dos valores siguientes: treinta megapascales (30 MPa) o el valor mínimo que especifique la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE) para una pieza de las características de que en cada caso se trate.

En la ejecución de los pilotes se emplearán encofrados metálicos, suficientemente robustos para que las caras del pilote queden bien planas y lisas.

El hormigonado se hará de una sola vez y sin interrupciones. Se cuidará especialmente que las armaduras queden bien fijas; de modo que el recubrimiento sea el especificado en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE), en el Proyecto y, en todo caso, superior a 2,5 cm, materializándose éste mediante la disposición de separadores. La compactación del hormigón se hará por vibración.

La plataforma sobre la cual se hormigonen los pilotes estará pavimentada con hormigón perfectamente liso y plano. Se comprobará que la resistencia del terreno es tal que no puedan producirse asientos que originen esfuerzos superiores a los que pueda resistir el pilote durante su período de endurecimiento. Esto habrá que tenerlo especialmente en cuenta cuando se hormigonen varias capas de pilotes superpuestas, y la carga producida sobre el terreno pueda llegar a ser importante.



Vista de plataforma de trabajo.

Las superficies de hormigón que puedan quedar en contacto con el pavimento de la plataforma, tales como las de la cara inferior de los pilotes, se pintarán con sustancias separadoras adecuadas, o se interpondrá una capa de papel, de modo que no sean precisos esfuerzos adicionales para arrancar los pilotes de su lugar de hormigonado.

Si la sección es poligonal se dispondrá, como mínimo, una barra de armadura longitudinal en cada vértice. Si la sección es circular se repartirán uniformemente en el perímetro, con un mínimo de seis. En cualquier caso serán de una sola pieza. El empalme, cuando fuera necesario, se hará mediante soldadura y no coincidirá más de un empalme en la misma sección transversal del pilote.

En los pilotes de hormigón armado, sin pretensar, la armadura longitudinal tendrá una cuantía respecto al área de la sección transversal del pilote no menor del uno con veinticinco por ciento y el diámetro de las barras no será menor de doce milímetros.

La armadura transversal tendrá una cuantía no menor del cero con dos por ciento respecto al volumen del pilote, en toda su longitud, y su diámetro no será menor de seis milímetros. En punta y cabeza, y en una longitud no menor de tres veces el diámetro de la circunferencia que circunscribe a la sección transversal del pilote, se duplicará dicha cuantía.

La punta del pilote dispondrá de un azuche apuntado, o bien, en una longitud mínima de treinta centímetros estará protegida por una cazoleta o por pletina de acero.

Cada pilote se marcará, cerca de la cabeza, con un número de identificación, la fecha de su hormigonado, en su caso la de pretensado, y su longitud.

Se tomarán las precauciones usuales para un curado conveniente; el cual se prolongará lo necesario para que los pilotes adquieran la resistencia precisa para su transporte e hinca. Si los pilotes hubieran de ser hincados en terrenos agresivos, o quedar expuestos al agua del mar, el período de curado no podrá ser inferior a veintiocho días. En este caso los pilotes habrán de protegerse con una pintura protectora adecuada, debiendo estudiarse la necesidad de utilizar un cemento resistente a la clase de exposición de que se trate.

En la fabricación de pilotes de hormigón se tendrá en cuenta que éstos deberán ser capaces de soportar las operaciones de transporte, manejo e hinca de forma que no se produzcan roturas ni fisuras mayores de quince centésimas de milímetro. No deberán tener una flecha, producida por peso propio, mayor de tres milésimas partes de su longitud, ni pandeos locales superiores a un centímetro por metro de longitud de éste.

Si el pilote está constituido por varios tramos, los correspondientes empalmes se harán de forma que su resistencia no sea inferior a la de la sección normal del pilote y quede garantizada la perfecta alineación de los diversos tramos.

En pilotes de hormigón pretensado las tensiones de pretensado se definirán de forma que los pilotes puedan resistir los esfuerzos de manipulación, transporte e hinca, así como los de servicio.

- **Pilotes de acero.**

Los pilotes de acero estarán imprimados por una o varias manos de pintura de minio, y protegidos por pinturas de tipo marítimo o bituminoso. No se admitirá el alquitrán, a menos que esté neutralizado.

Si el suelo o el agua freática contienen elementos agresivos para el acero, deberá efectuarse, a falta del mismo en el Proyecto y previa solicitud del Director de las Obras, un estudio de las medidas de protección de los pilotes que pueden consistir, entre otros procedimientos, en:

• Dimensionamiento de los pilotes con sobresección, considerando una reducción de la sección en función del carácter agresivo del medio.

• Protección catódica.

• Protección mediante galvanización o pintura, en suelos poco abrasivos.

Si el pilote está constituido por varios tramos, los correspondientes empalmes se harán de forma que su resistencia no sea inferior a la de la sección normal del pilote, y quede garantizada la perfecta alineación de los diversos tramos.

Se autoriza el empleo de forros para asegurar los empalmes, siendo preferible que estén situados en las zonas entrantes del pilote. La punta del pilote se podrá reforzar y adaptar para facilitar la hinca, bien con platabandas, forma apuntada, azuche, etc.

- **Pilotes de madera.**

La madera a emplear en pilotes deberá cumplir las siguientes condiciones:

• Las oquedades que pueda presentar la madera tendrán un diámetro inferior a cuatro centímetros, y una profundidad inferior a un quinto del diámetro medio del pilote y en ningún caso superior a diez centímetros. Las hendiduras longitudinales serán en todo caso de longitud menor de vez y media el diámetro

medio del pilote. En particular, la madera contendrá el menor número posible de nudos, los cuales tendrán un diámetro inferior a diez centímetros, o a un tercio del diámetro medio del pilote. No se admitirán pilotes con más de tres nudos en una longitud de dos metros.

• No se admitirán pilotes que presenten un giro, en sus fibras, superior a 180º en una longitud de cinco metros.

• Los pilotes de madera deberán ser bien rectos; y la línea recta que une los centros de las secciones de punta y cabeza deberá quedar incluida, en su totalidad, dentro del pilote; el cual, por otra parte, no presentará codos que supongan una desviación mayor de seis centímetros en una longitud de metro y medio.

Salvo indicación en contra del Proyecto o del Director de las Obras, los pilotes irán desprovistos de su corteza en la longitud destinada a quedar hincada en el terreno y la mantendrán en las partes que permanezcan fuera, especialmente las que han de quedar sumergidas en el agua.

Los fustes de los pilotes estarán desprovistos de toda clase de salientes; a cuyo efecto deberán cortarse las ramas o nudos que posean.

A menos que el Proyecto o el Director de las Obras indiquen otra cosa, los pilotes no se someterán a ningún tratamiento contra la pudrición de la madera, excepto en la zona cerrada de la punta; la cual deberá protegerse con dos manos de pintura de creosota, o cualquier otra de tipo similar, previamente aprobada por el Director de las Obras.

La punta irá protegida por un azuche con las características que indique el Proyecto o, en su defecto, el Director de las Obras. A su vez, la cabeza del pilote irá provista de un aro de hierro, ajustado en caliente, para evitar que se hienda por efecto de los golpes de la maza.

Las condiciones anteriormente indicadas serán de aplicación a obras definitivas. Para obras provisionales el Proyecto o, en su defecto, el Director de las Obras señalará las que pueden suprimirse o suavizarse, de acuerdo con las características peculiares de cada obra.

<u>ENCEPADOS</u>

Para completar la solución de pilotajes como sistema de cimentación profunda, debe de ejecutarse en la cabeza de los pilotes el elemento que denominamos encepado.

El encepado es una pieza prismática que une las cabezas de un grupo de pilotes que trabajan conjuntamente. Como caso particular, pueden existir encepados de un solo pilote. El encepado sirve de base al soporte que descansa sobre él, de forma análoga a lo que sería una zapata aislada. Se puede decir que es el elemento de transición entre la estructura y los pilotes.

Como hemos dicho que los encepados son elementos análogos a las zapatas, la norma establece una tipología de clasificación similar para unos y otras:

Tipo 1 0.5 h = V = 1.5 h

Tipo 2 V 0.5 h

Tipo 3 V 1.5 h

Siendo V el vuelo, y h el canto.

Normalmente se emplean encepados tipo 1 y 2, es decir piezas bastante rígidas que permiten economizar en disposición de armado.

FORMA DE TRABAJO ENCEPADOS.

La forma de trabajo de un encepado sobre pilotes, se asemeja al de una zapata aislada, de modo que, la carga recibida de la estructura se distribuye homogéneamente a los pilotes.

El número mínimo de pilotes que puede haber bajo un encepado, es uno, siendo este un caso especial, ya que un error excesivo de excentricidad entre el eje del soporte y el eje del pilote, nos condiciona la disposición de la armadura, colocando barras respecto de las tres direcciones principales del espacio.

En el caso de disponer de un encepado de dos pilotes, la forma de trabajo podemos describirla de la siguiente manera:

La carga transmitida a través del soporte llega al encepado, considerando que la intensidad de esta acción queda dividida en dos cargas de igual intensidad, cada una de ellas va hacia cada uno de los pilotes, lo que produce una reacción en cada pilote, igual a la mitad de la carga que gravita sobre el encepado. De esta forma se generan tracciones en la cara inferior, y compresiones en la cara superior.

3.2. Tareas previas.

Antes de iniciar la ejecución de los pilotes, y con una antelación suficiente, se revisará en proyecto el proceso de ejecución del pilotaje.

En este proceso debería indicarse, en base a la información geológica y geotécnica del terreno, planos de la obra a ejecutar, sobrecargas a cota de cimentación, y posible presencia de edificaciones o servicios próximos que pudieran verse afectados por la obra, al menos:

• El método de hinca a emplear.

• El peso de la maza o martinete, en función del peso de los pilotes.

• La altura de caída de la maza.

• El rechazo a obtener al final de cada hinca.

• El criterio para la definición de la profundidad a la que los pilotes deben llegar.

• Relación ordenada de actividades a desarrollar.

• Distribución por tajos de la obra de pilotaje.

• Sistema de designación e identificación de pilotes.

• Métodos previstos de apoyo a hinca (rehinca, lanza de agua, etc.).

Se realizará un programa de trabajos que incluya, entre otros, los siguientes conceptos:

• Esquema de pilotaje, de acuerdo con lo establecido en el anterior apartado.

• Cronograma de trabajos que, con el detalle suficiente, establezca la duración e interrelación de las distintas actividades y tajos previstos.

• Equipos de hinca. Relación de los equipos a emplear, con indicación de sus características principales, y las máquinas de reserva de que se dispondrá en obra. El número y capacidad de los equipos será el adecuado para garantizar, con holgura, el cumplimiento del cronograma de trabajos.

EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCION DE LAS OBRAS.

Los equipos para la hinca de pilotes serán, por lo general, martinetes provistos de mazas que golpean las cabezas de los pilotes, y de dispositivos de guía que aseguran que los pilotes no sufrirán desviaciones ni golpes descentrados que puedan provocar una hinca defectuosa o su rotura.

Las mazas empleadas pueden ser de caída libre, o bien de simple o doble efecto. El peso de las dos primeras estará proporcionado al peso del pilote; siendo preferible que, en el caso de pilotes de madera o metálicos, el peso de la maza sea aproximadamente igual al del pilote, y no menor de la mitad de éste. En el caso de pilotes de hormigón armado, deben emplearse mazas que pesen al menos la mitad que el pilote; en pilotes de longitud superior a treinta metros podrá admitirse que el peso de la maza sea igual al necesario para una longitud de pilote de quince metros.

En la hinca de pilotes de hormigón armado o pretensado la altura de caída de la maza no deberá exceder, en condiciones normales, de un metro y veinticinco centímetros. Las mazas de doble efecto se emplearán siguiendo las instrucciones del Director de las Obras.

En todo caso el tipo de maquinaria a emplear y la forma de utilizar la misma vendrá recogida en el "Estudio de ejecución del pilotaje".







Maquinaría para ejecución pilotes.

3.3 Proceso constructivo.

Se adoptará un sistema lógico de designación de los pilotes que permita identificarlos en los esquemas o planos y en la obra. La identificación en la obra será mediante marcas o señales permanentes, de forma que, sin lugar al error, se correspondan con el eje de su respectivo pilote.



Marcado de pilotes.

Se realizarán y organizarán los accesos, a los frentes de trabajo o tajos, instalaciones de maquinaria y almacenamiento de materiales, así como todos los medios auxiliares necesarios para la buena ejecución de los trabajos de pilotaje.

Durante la hinca, la cabeza de los pilotes de madera no precisará protección especial, siempre que lleve el aro de hierro ajustado en caliente.

Los pilotes de hormigón armado o pretensado precisarán, en cambio, de un sombrerete de acero, que tenga una almohadilla de un material de cierta elasticidad, como madera dura, cartón embreado, cáñamo trenzado, o cualquier otro material análogo. El espesor de esta almohadilla no deberá ser excesivo, para no rebajar demasiado la eficacia del golpe de la maza.

Los pilotes metálicos, cuando se hinquen con mazas de doble efecto, no precisarán protección especial; cuando se hinquen con los otros dos tipos de maza necesitarán un sombrerete, que deberá ser lo suficientemente resistente para no deformarse bajo el impacto, sin precisar propiamente de almohadilla.

La lanza de agua, o inyección de agua a presión inferior a un megapascal durante la hinca, podrá emplearse en los casos en que sea difícil alcanzar la profundidad de hinca fijada en los planos por tener que atravesar capas de suelos granulares densos. La lanza de agua deberá emplearse tan sólo con autorización del Director de las Obras y se aplicará con presiones y caudales no excesivos, para evitar daños en construcciones o pavimentos vecinos.

El empleo de la lanza de agua se suspenderá cuatro metros por encima de la profundidad prevista para la terminación de la hinca, que debe siempre acabarse por el procedimiento ordinario. También se suspenderá si el pilote empieza a torcerse, por producirse una perturbación excesiva del terreno.

Los pilotes prefabricados se hincarán hasta obtener el rechazo fijado en el Proyecto o bien hasta la profundidad especificada en los mismos. Salvo especificación en contra de estos documentos o del Director de las Obras, no se podrá proseguir la hinca, aunque no se hubiera llegado a la profundidad indicada, cuando el rechazo llegue a los valores prefijados, ya que cabe la posibilidad de que la solicitación producida por el impacto de la maza pueda dañar el pilote.

En el caso de hinca de grupos cerrados de pilotes, se comenzará hincando las filas centrales; siguiendo después hacia las exteriores. Se recomienda iniciar la hinca de un cinco por ciento de los pilotes repartidos de modo uniforme por toda la obra, para conocer mejor la longitud y el rechazo real de hinca de cada zona.

Hincado de pilotes.

Se confeccionará un parte de hinca de cada pilote, en el que figurará, al menos:

• Su posición.

• Número de identificación.

• Maza empleada.

• Horas de comienzo y terminación de la hinca.

• Longitud total hincada.

• Rechazo obtenido en las últimas tres andanadas de diez golpes cada una, con la altura de caída correspondiente; o bien, si se trata de mazas de doble efecto, el número de golpes por minuto. En la prueba de rechazo se emplearán almohadillas o sombreretes nuevos.

• Sombrerete empleado.

• Cualquier incidente ocurrido durante la hinca.

Los pilotes que se hayan roto durante la hinca no serán aceptados. Los pilotes rotos podrán ser extraídos y sustituidos por otros hincados en el mismo lugar, si la extracción es completa. En otros casos, podrán ser sustituidos por uno o dos pilotes hincados en sus proximidades; variando, si conviene, la forma y armaduras del encepado. La sustitución será siempre sometida a la previa aprobación del Director de las Obras.

Los pilotes mal hincados, por falta de precisión en su posición o inclinación podrán ser sustituidos como un pilote roto o bien podrán ser aceptados a juicio del Director de las Obras modificando, en su caso, el encepado.

Si, por causa de una obstrucción subterránea, un pilote no pudiera hincarse hasta la profundidad especificada en Proyecto, se deberá intentar proseguir la hinca con los medios que se prescriban, tales como rehinca o lanza de agua.

En el caso de que los pilotes hayan de ser recrecidos después de su hinca parcial, el hormigonado de la sección recrecida se hará con moldes que aseguren una alineación lo más perfecta posible entre las dos secciones. Las armaduras se empalmarán por solape o por soldadura a tope, debiendo emplearse esta última solución siempre que sea factible.

El período de curado de la sección recrecida no será menor de veintiocho días.

En el caso de pilotes compuestos por varias secciones que se vayan empalmando a medida que se hinquen, la resistencia del pilote no se considerará superior a la junta la cual estará dispuesta de modo que asegure una perfecta alineación entre las diversas secciones.

Se evitará la permanencia o paso de personas bajo cargas suspendidas, acotando las áreas de trabajo.

Los pilotes se izarán suspendidos de forma que la carga sea estable y segura; se tendrá en cuenta el viento existente cuando se realicen estas operaciones, que se suspenderán cuando el viento alcance una velocidad superior a los 50 km/h.

Diariamente se revisará el estado de los dispositivos de manejo e hinca de los pilotes antes de comenzar los trabajos. Las tareas de guía del pilote serán realizadas mediante elementos auxiliares que permitan el alejamiento de trabajadores del mismo, en el momento de la hinca.

Los dispositivos de hinca deberán mantenerse, cuando no estén en uso, en posición tal que no puedan ponerse en movimiento fortuitamente para que no se produzcan caídas de la maza o de otros elementos de esta maquinaria de forma accidental.

La tarea de descabezado de los pilotes se realizará de forma que no se produzcan proyecciones de trozos o partículas de hormigón sobre personas próximas, o bien, se dispondrán los apantallamientos necesarios. Los trabajadores encargados del picado irán provistos de gafas, casco, mandil y botas de seguridad.

Después de la hinca, se demolerán las cabezas de los pilotes de hormigón armado, hasta dejarlas al nivel especificado; y, en todo caso, en una longitud suficiente para sanear todo el hormigón que pueda haber quedado resentido por el golpeo de la maza; estimándose esta longitud, cuando menos, en medio metro. La demolición se hará con cuidado, para no dañar el hormigón restante.



Demolición cabezas de pilotes.



Demolición cabezas de pilotes.

La sección saneada del pilote tendrá una longitud tal que permita una entrega en su encepado de al menos cinco centímetros. La armadura longitudinal quedará descubierta, al menos cincuenta centímetros.



Picado.

En el caso de utilizar pilotes de prueba, deberán situarse en un punto lo más próximo posible al de los pilotes de trabajo, pero a una distancia mínima de la mitad de su longitud. Durante su hinca se registrará el rechazo obtenido en cada andanada desde el comienzo de la operación.

Igualmente el Director de las Obras podrá, ordenar la rehinca de algunos pilotes de prueba, algún tiempo después de ejecutada la hinca primitiva.

En obras con más de veinte pilotes, y en las de menos cuando así lo indique el Proyecto o el Director de las Obras, se utilizarán analizadores de hinca sobre algunos de los pilotes y se efectuarán pruebas de carga y ensayos de impedancia mecánica.

Al interpretar estos ensayos debe tomarse en consideración la posible existencia de juntas de unión.

Si los resultados de los ensayos anteriores revelaran posibles anomalías, el Director de las Obras podrá ordenar, bien la comprobación del diseño teórico

del pilote, bien la realización de investigaciones complementarias, de cuya interpretación puede establecer:

• La necesidad de reparación del pilote.

• Su rechazo.

• La necesidad de realizar una prueba de carga.

La carga de los pilotes de prueba se efectuará, en caso de existir éstos, por medio de gatos o lastre. Para determinar la aceptabilidad de la cimentación, se calculará la influencia de los asientos diferenciales probables, deducidos de las pruebas, sobre la estructura. El proceso de carga será el definido en el Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras.

Siempre que existan dudas sobre las condiciones de resistencia de algunos de los pilotes de trabajo, el Director de las Obras podrá ordenar la ejecución de pruebas de carga sobre los mismos; no excediendo la carga máxima del ciento veinticinco por ciento de la carga de trabajo. A la vista de los resultados de la prueba de carga, el Director de las Obras adoptará la solución más adecuada.

Una vez terminados los trabajos de hinca de pilotes de hormigón, se retirarán los equipos, instalaciones de obra, obras auxiliares, andamios, plataformas y demás medios auxiliares y procederá a la limpieza de las zonas de trabajo de los materiales, detritus, chatarra y demás desperdicios originados por las operaciones realizadas para ejecutar la obra.

TOLERANCIAS EN LA POSICION DE LOS PILOTES

Si no se especifica otra cosa en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, los pilotes deberán quedar hincados en una posición que no difiera de la prevista en Proyecto en más de cinco centímetros o el quince por ciento del diámetro, el mayor de ambos valores, para los grupos inferiores a tres pilotes conjuntamente encepados, y más de quince centímetros para los grupos de tres o más pilotes, y con una inclinación tal que la desviación de un extremo, respecto de la prevista, no sea mayor del tres por ciento de la longitud del pilote.

Se exceptúan de las reglas anteriores los pilotes hincados desde plataformas flotantes, para los que se especificarán las tolerancias en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto.

En el caso de que se trate de pilotes cuya punta deba descansar sobre un estrato muy resistente, se vigilará, mediante nivelación, que la hinca de unos pilotes no produzca la elevación de los ya hincados; lo cual podría ocasionar

que éstos perdieran el contacto con el mencionado estrato. Si así fuera, se procederá a rehincar los pilotes hasta asegurar el referido contacto.



Hincado de pilote.

4. LISTAS DE COMPROBACIÓN.

Se realizará cada una de las siguientes verificaciones, según se detalla cada apartado en los anexos

1. Control de recepción de materiales certificados
   - 1.1. Suministro.
   - 1.2. Distintivos de calidad.
   - 1.3. Ensayos.
2. Control de recepción de materiales no certificados.
   - 2.1. Suministro.
   - 2.2. Ensayos.
3. Control de ejecución.
   - 3.1. Replanteo y geometría.
   - 3.2. Materiales.
     - 3.2.1. Hormigón fabricado en central.
     - 3.2.2. Hormigón fabricado en obra.
     - 3.2.3. Barras de acero.
   - 3.3. Verificaciones previas.
     - 3.3.1. Excavaciones.
     - 3.3.2. Cimientos.
   - 3.4. Colocación y ejecución.
     - 3.4.1. Excavaciones.
     - 3.4.2. Armados para hormigón.
       - 3.4.2.1. Sujeción.
       - 3.4.2.2. Empalme para hormigón.
       - 3.4.2.3. Separadores.
       - 3.4.2.4. Cortado.
     - 3.4.3. Encofrados y desencofrados.
       - 3.4.3.1. Diseño.
       - 3.4.3.2. Puesta en obra de los encofrados.
       - 3.4.3.3. Material.
     - 3.4.4. Hormigonado.
       - 3.4.4.1. Condiciones encofrados.
     - 3.4.5. Uniones elementos.
       - 3.4.5.1. Genérico.
       - 3.4.5.2. Hormigón / Hormigón.
       - 3.4.5.3. Hormigón / Perfiles metálicos.
       - 3.4.5.4. Hormigón / Cerámica.
       - 3.4.5.5. Hormigón / Bloque.
       - 3.4.5.6. Hormigón / Madera.
4. Control de la obra acabada.
5. Verificaciones posteriores.
6. Estructura de hormigón.

6.2.2 PILOTES IN SITU.

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.

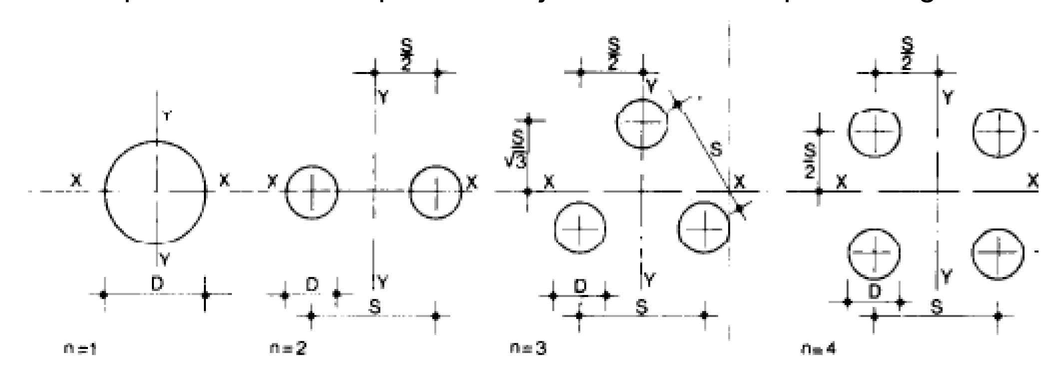


Pilotes in situ.

1.1. Concepto y descripción de unidades más frecuentes.

Podemos definir los pilotes in situ, como cimentaciones de edificios de estructura porticada, mediante grupos de pilotes de hormigón armado ejecutado in situ, de sección circular, dispuestos verticalmente en el terreno bajo los soportes del edificio; enterrados en su totalidad y ejecutados mediante extracción de las tierras o desplazamiento de las mismas, con profundidades comprendidas entre los 8 y los 60 diámetros, y no mayores de 40m.

Las disposiciones de los pilotes se ajustarán a los esquemas siguientes:

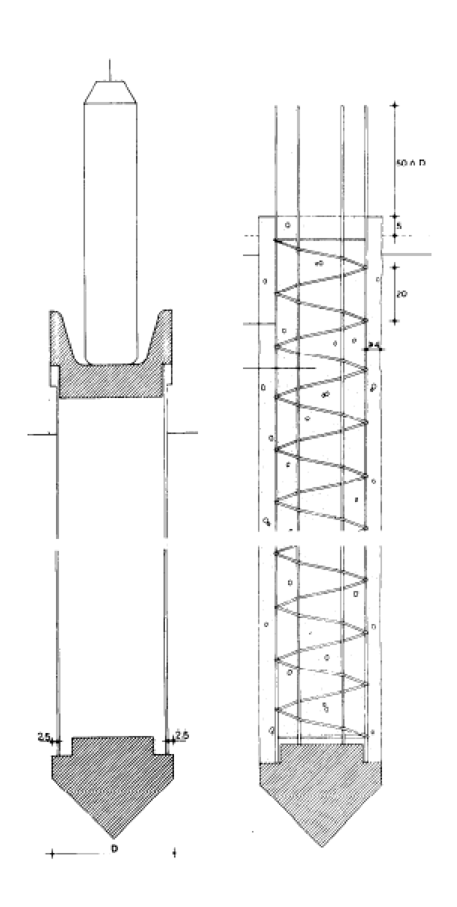


Siendo:
D: Diámetro.
S: Separación entre ejes.
L: Longitud.

La disposición de n=1 es de aplicación únicamente cuando el diámetro D del pilotes sea igual o superior a 100 cm.

Clasificación según su tipología constructiva:

1. **Grupo de pilotes de desplazamiento con azuche**: La entubación se hincará en el terreno mediante golpeo con maza o martillo, estará provista en su extremo inferior de un azuche de punta cónica o plana, metálica o de hormigón prefabricado de diámetro exterior mayor que el del pilote en 5 cm, con su parte superior cilíndrica preparada para encajar con el extremo inferior de la entubación. El hormigonado se realizará en seco en seco de forma continua o discontinua.

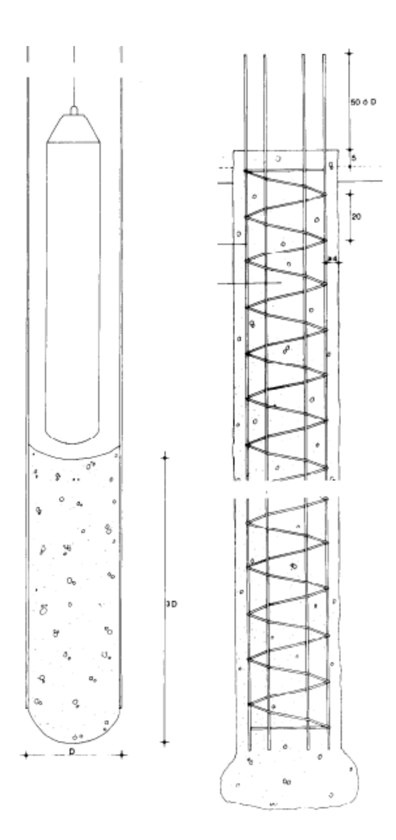


2. **Grupo de pilotes de desplazamiento con tapón de gravas:** Se hincará en el terreno una entubación mediante golpeo sobre un tapón de gravas, arena u hormigón introducido previamente en la entubación, dispuesto por tongadas pequeñas y compactadas fuertemente hasta obtener un tapón de 3 diámetros mínimo. El hormigón del tapón tendrá una consistencia cero en el cono de Abrams.

   En todos los casos al final de la hinca, el golpeo de la maza desalojará el tapón de la entubación quedando como punta de los pilotes un ensanchamiento.

   El hormigonado se realizará en seco, por tongadas y sometido a un apisonado o vibrado.

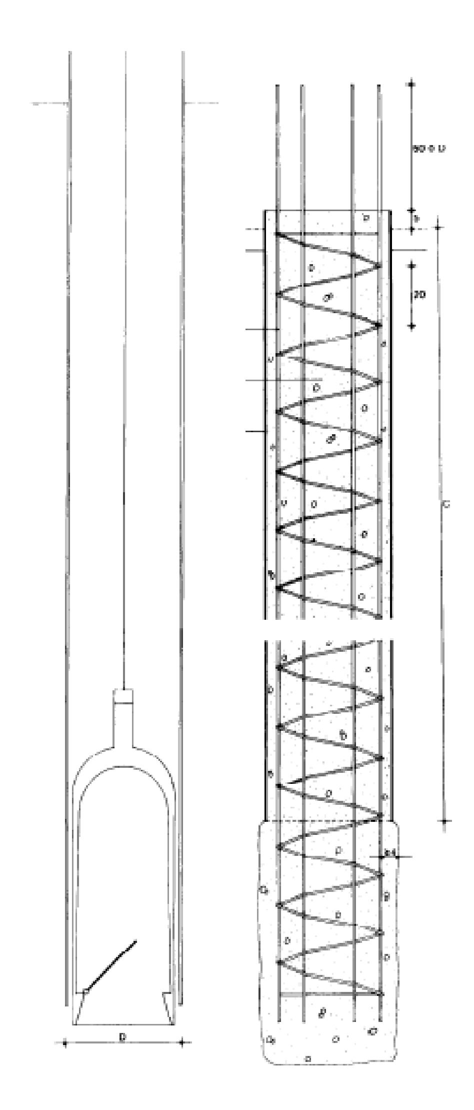
   La entubación se extraerá de manera que siempre quede un mínimo de 2 diámetros de hormigón dentro de ella, que impida la entrada de agua por la parte inferior de la entubación.



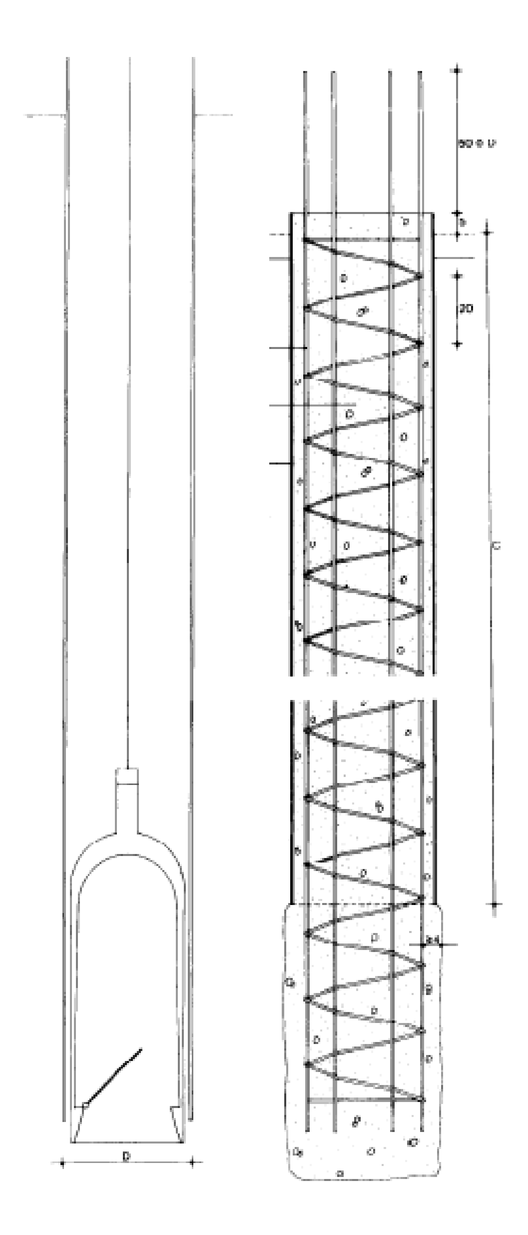
3. **Grupo de pilotes de extracción con entubación recuperable:** La entubación se introducirá en el terreno acompañando la excavación y siempre por delante de la misma, salvo en el caso de que haya que atravesar capas intermedias que obliguen al uso de trépano.

   Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el desprendimiento de las paredes y se cuidará especialmente la limpieza del fondo de la excavación, terminada ésta e inmediatamente antes del vertido del hormigón.

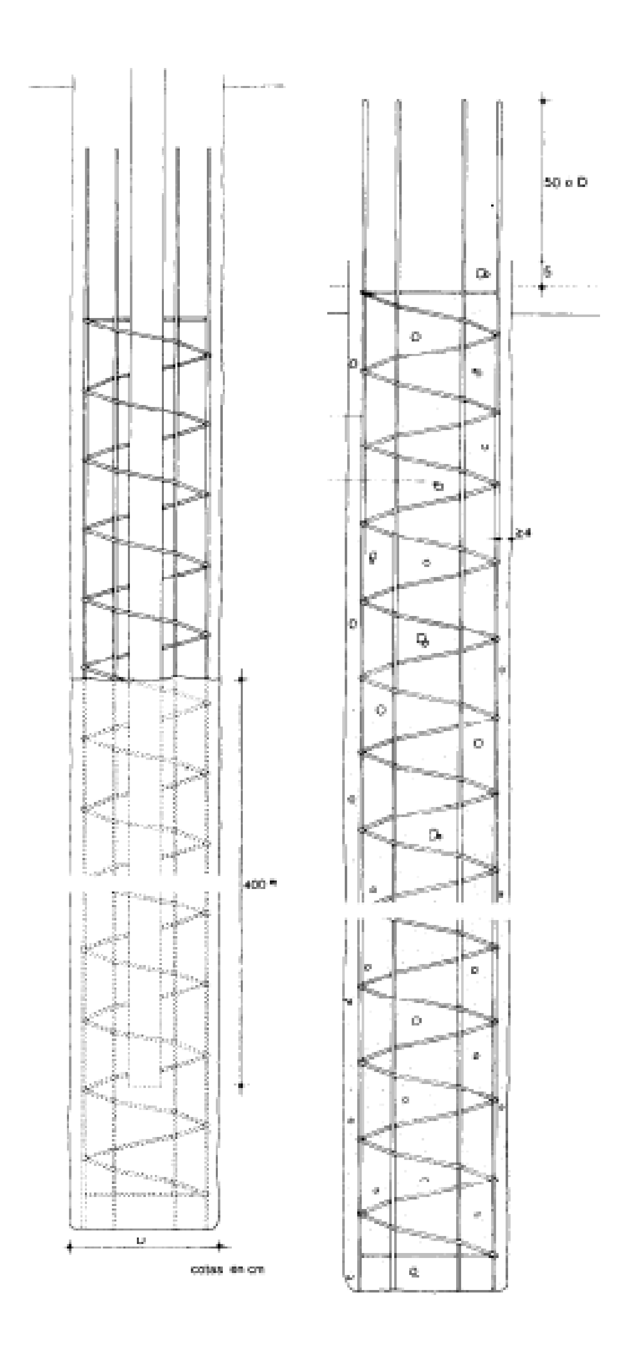
   Durante el hormigonado, la entubación recuperable quedará siempre, como mínimo, 2 diámetros dentro del hormigón anteriormente vertido.



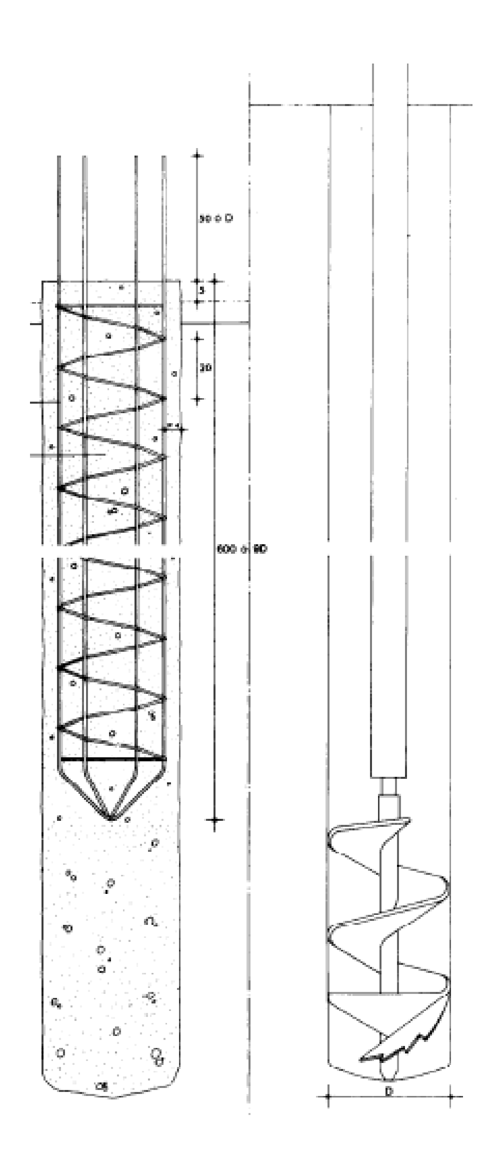
4. **Grupo de pilotes de extracción con camisa perdida:** Realizada la excavación y antes del hormigonado, se introducirá la entubación, situándola en la posición prevista. Se mantendrá suspendida desde la boca de la perforación, hasta la terminación de las operaciones del hormigonado.
   Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el desprendimiento de las paredes y se cuidará especialmente la limpieza del fondo de la excavación, terminada ésta e inmediatamente antes del vertido del hormigón.



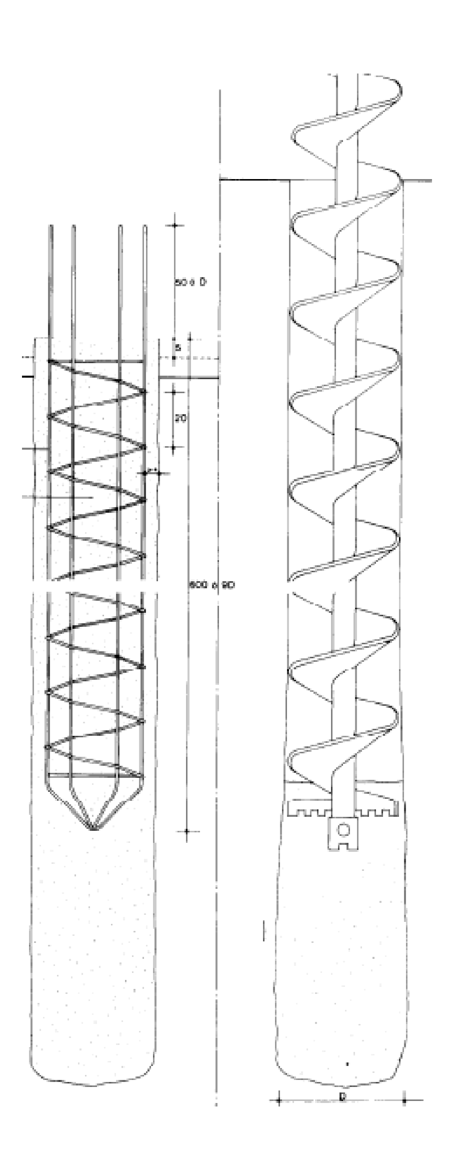
5. **Grupo de pilotes perforados sin entubación con lodos tixotrópicos:** En la perforación se utilizarán los lodos como contención de las paredes. El hormigonado se realizará de modo continuo bajo los lodos, de modo que al inyectar el hormigón en el fondo, éstos se desplacen hacia arriba. La tubería que coloca el hormigón irá introducida siempre 4 m, como mínimo, dentro del hormigón anteriormente vertido.



6. **Grupo de pilotes barrenados sin entubación:** Se cuidará especialmente la limpieza del fondo y las paredes de la excavación antes de la colocación de las armaduras y vertido del hormigón, al efecto de garantizar el que no se produzcan desprendimientos de las paredes durante estos trabajos.
   El hormigonado se realizará en seco y de forma continua. La construcción de este tipo de pilotes se podrá realizar siempre que las condiciones del terreno sean tales que no haya entrada de agua en la perforación.



7. **Grupo de pilotes barrenados sin entubación:** La perforación se realizará mediante barrena, alcanzada la profundidad se procederá simultáneamente a la extracción de la barrena con las tierras alojadas en ella y al hormigonado por bombeo a través del tubo central de la misma. Durante el proceso de extracción de la barrena, el hormigón bombeado se mantendrá en contacto con el extremo inferior de la barrena.
   El hormigonado se realizará en seco o bajo agua de forma continuada, terminado éste se introducirá en el hormigón fresco la armadura.



1.2. Diseño y elección del sistema.

1. **Grupo de pilotes de desplazamiento con azuche:** Usualmente en casos de pilotaje de poca profundidad trabajando por punta, apoyado en roca o capas duras de terreno, después de atravesar capas blandas.
   También como pilotaje trabajando por fuste y punta en terrenos granulares medios o flojos, o en terrenos de capas alternadas coherentes y granulares de alguna consistencia.
2. **Grupo de pilotes de desplazamiento con tapón de gravas:** Usualmente en casos de pilotaje trabajando por fuste en terrenos granulares de compacidad media o en terrenos con capas alternadas coherentes y granulares de alguna consistencia.
3. **Grupo de pilotes de extracción con entubación recuperable:** Usualmente en casos de pilotaje de poca profundidad trabajando por punta, apoyado en roca.
   También como pilotaje trabajando por fuste en terreno coherente de consistencia firme, prácticamente homogéneo.
4. **Grupo de pilotes de extracción con camisa perdida:** Usualmente en casos de pilotaje trabajando por punta apoyado en roca o capas duras de terreno y siempre que se atraviesen capas de terreno incoherentes fino en presencia de agua, o exista flujo de agua y en algunos casos con capas de terreno coherente blando; cuando existan capas agresivas al hormigón fresco.
   Camisa: Se utilizará para proteger un tramo de los pilotes expuesto a la acción de un terreno agresivo al hormigón fresco o a un flujo de agua.
   La longitud del tubo que constituye la camisa, será tal que suspendida desde la boca de la perforación profundice dos diámetros por debajo de la capa peligrosa.
5. **Grupo de pilotes perforados sin entubación con lodos tixotrópicos:** Usualmente en casos de pilotaje trabajando por punta, apoyado en roca o capas duras de terreno.
   Cuando se atraviesan capas blandas que se mantengan sin desprendimientos por efecto de los lodos.
6. **Grupo de pilotes barrenados sin entubación**: Usualmente en casos de pilotaje trabajando por punta, apoyado en capa de terreno coherente duro.
   También como pilotaje trabajando por fuste en terreno coherente de consistencia firme prácticamente homogéneo o coherente de consistencia media en el que no se produzcan desprendimientos de las paredes.
7. **Grupo de pilotes barrenados. Hormigonado por tubo central de barrena:** Usualmente en casos de pilotaje trabajando por punta, apoyado en roca o capas duras de terreno.

También como pilotaje trabajando por fuste y punta en terrenos de compacidad o consistencia media, o en terrenos de capas alternadas coherentes y granulares de alguna consistencia.

1.3. Elementos constitutivos comunes

En relleno de Pilotes:

- Hormigón para armar (HA), de resistencia o dosificación especificados.
- Consistencia del hormigón en función de su tipología constructiva:

Tipología	**Consistencia cono Abrams**
Grupo de pilotes de desplazamiento con azuche.	De 10 a 15 cm.
Grupo de pilotes de desplazamiento con tapón de gravas.	De 1 a 5 cm
Grupo de pilotes de extracción con entubación recuperable.	De 10 a 15 cm.
Grupo de pilotes de extracción con camisa perdida.	De 10 a 15 cm.
Grupo de pilotes perforados sin entubación con lodos tixotrópicos.	De 16 a 20 cm.
Grupo de pilotes barrenados sin entubación.	De 10 a 15 cm.
Grupo de pilotes barrenados. Hormigonado por tubo central de barrena	De 10 a 15 cm.

Armadura colocada en obra:

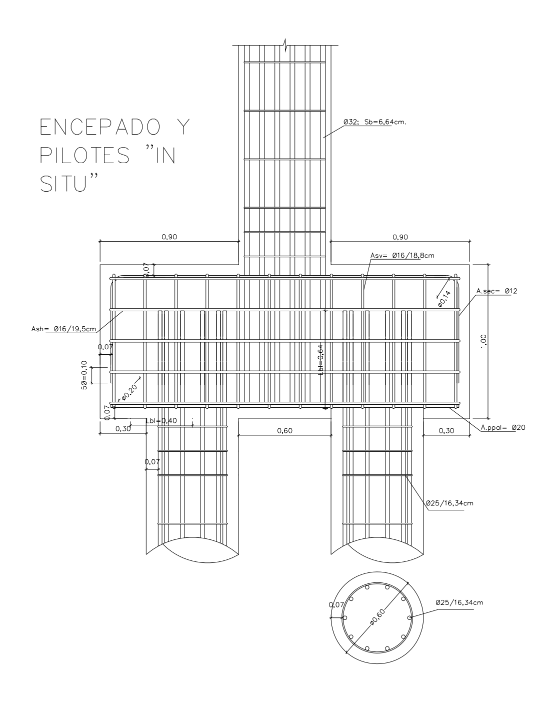
- Barras corrugadas de acero, de características físicas y mecánicas indicadas en proyecto.

Condiciones Geométricas.

Las condiciones geométricas de este tipo de cimentación son:

a) Bajo el encepado deben disponerse siempre 10 cm de hormigón de limpieza, debiendo disponer las armaduras sobre separadores.
b) El canto total mínimo en el borde de los elementos de cimentación de hormigón armado no será inferior a 25cm si se apoyan sobre el terreno. Art. 58.8.1 EHE
c) Se recomienda una separación máxima de armaduras no superior a 30cm, ni inferior a 10 cm. En ningún caso será inferior a tres veces el espesor bruto de la parte de la sección del elemento, alma o alas, en las que vayan situadas. Artículo 42.3.1
d) El ancho y canto de las vigas de atado es superior a 1/20 de la luz libre.
e) En las vigas centradoras o vigas de atado la separación entre cercos debe ser inferior a 15 diámetros, 30 cm y 0,85 veces el ancho y/o canto de la viga.
f) Los diámetros utilizados no deben ser inferiores a 12mm para la armadura longitudinal y a 6 mm para la transversal.

Esquema de Pilote “in situ”.



1.4. Detalles constructivos más representativos.

A continuación se incluyen varios detalles constructivos, los más usuales, que referencian la mayoría de puntos más importantes a controlar en la ejecución de los pilotes in situ.

Los detalles son:

- Grupo de pilotes de desplazamiento con azuche.
- Grupo de pilotes de desplazamiento con tapón de gravas.
- Grupo de pilotes de extracción con entubación recuperable.
- Grupo de pilotes de extracción con camisa perdida.
- Grupo de pilotes perforados sin entubación con lodos tixotrópicos.
- Grupo de pilotes barrenados sin entubación.
- Grupo de pilotes barrenados. Hormigonado por tubo central de barrena.

CPI-2 GRUPO DE PILOTES DE DESPLAZAMIENTO CON AZUCHE

2.5
2.5
D
50 o D
5
20
EFH-5
>4
EFH-7

cotas en cm

CPI-3 GRUPO DE PILOTES DE DESPLAZAMIENTO CON TAPON DE GRAVAS

50 o D

5

20

>4

EFH-5

EFH-7

3D

D

cotas en cm

CPI-4 GRUPO DE PILOTES DE EXTRACCION CON ENTUBACION RECUPERABLE

50 o D

5

EFH-5

>4

EFH-7

D

cotas en cm

CPI-5 GRUPO DE PILOTES DE EXTRACCION CON CAMISA PERDIDA

50 o D
5
20
EFH-5
EFH-7
CPI-1
C
>4
D

cotas en cm

CPI-6 GRUPO DE PILOTES PERFORADOS SIN ENTUBACION CON LODOS TIXOTROPICOS

50 o D

5

>4

EFH-5

EFH-7

400

D

cotas en cm

CPI-7 GRUPO DE PILOTES BARRENADOS SIN ENTUBACION

50 o D

5

20

EFH-5

>4

EFH-7

600 o 9D

D

cotas en cm

CPI-8 GRUPO DE PILOTES BARRENADOS. HORMIGONADO POR TUBO CENTRA DE BARRENA

50 o D

5

20

EFH-5

>4

EFH-7

600 o 9D

D

cotas en cm

1.5. Condiciones constructivas.

Los Pilotes Hormigonados In Situ son un tipo de Pilotes ejecutados en obra, tal como su nombre lo indica, en el sitio, en el lugar.

Se entiende por pilote de hormigón in situ el elemento resistente construido con hormigón en el interior del terreno, de forma cilíndrica, cuya longitud es superior a ocho veces su menor dimensión y que transmite al terreno circundante las cargas de la estructura que soporta.

Los pilotes se emplean en la cimentación indirecta de estructuras de todo tipo para transmitir las cargas a una determinada profundidad del terreno.

Los pilotes, una vez terminados, quedan hormigonados a una altura superior a la definitiva; este exceso será demolido una vez endurecido el hormigón. Los pilotes se descabezan y se elimina el hormigón de baja calidad que queda en la parte superior. Así quedan las armaduras al descubierto que se entrelazan al encepado. La longitud de la armadura debe permitir que posterior al descabezado, queden sobresaliendo del pilote alrededor de 50 cm.

La armadura longitudinal del pilote se empalmará mediante solapo, soldándose y/o atándose con alambre en toda la longitud del mismo. Ambas armaduras se atarán fuertemente entre sí formando una jaula capaz de soportar las operaciones del hormigonado.



Perforación y armaduras.

2. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL.

Como en cada uno de los tipos de cimentación que estamos estudiando, para completar un estudio que ayude a una mejor ejecución de cada trabajo, se hace necesario empezar a estudiar cada trabajo mucho antes de que este realmente sea iniciado.

Por ello, debemos diferenciar 2 tipos básicos de procedimientos de control de los trabajos:

- Procedimiento de Control de Proyecto, donde, resumiendo mucho, se revisará la documentación previa existente (proyecto, estudio geotécnico, informes, etc.) para, saber qué es lo que vamos a hacer y de qué forma, y detectar errores, incongruencias o falta de información antes de que nos sea necesaria.

- Procedimiento de Control de Ejecución, en el que comprobaremos que la obra se está ejecutando conforme a proyecto y conforme a las directrices de la normativa que le sea de aplicación. Para finalizar comprobaremos que lo ejecutado cumple con los cánones de calidad que le son exigibles mediante los pertinentes ensayos.

Estos apartados serán desarrollados en el punto 8. ANEXOS.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO.

3.1. Introducción.

En ocasiones, cuando comenzamos a realizar la excavación para la ejecución de una obra, podemos encontrarnos diversas dificultades para encontrar el estrato resistente o firme donde queremos cimentar. O simplemente se nos presenta la necesidad de apoyar una carga aislada sobre un terreno sin firme o difícilmente accesible por métodos habituales.
En estos casos se recurre a la solución de cimentación profunda, que se constituye por medio de muros verticales profundos, los muros pantalla o bien a base de pilares hincados o perforados en el terreno, denominados pilotes.
En cualquier caso el objetivo es adoptar una solución constructiva que reúna las siguientes condiciones:

- Facilidad en la ejecución.
- Garantía en el comportamiento resistente.

Cuando la relación que existe entre la profundidad y el ancho de la base de un cimiento es mayor que 5, calificamos a la cimentación como profunda.

Denominamos pilote a un soporte, normalmente de hormigón armado, de una gran longitud en relación a su sección transversal, que puede hincarse o construirse “in situ“ en una cavidad abierta en el terreno. Constituye un sistema constructivo de cimentación profunda al que denominamos: cimentación por pilotaje.

PARTES DE UNA CIMENTACION POR PILOTAJE.

1) Soporte o pilar: Elemento estructural vertical, que arranca del encepado.
2) Encepado: Pieza prismática de hormigón armado similar a una zapata aislada, encargado de recibir las cargas del soporte y repartirlas a los pilotes.
3) Vigas riostras: Elementos de atado entre encepados. Son obligatorias en las dos direcciones si el encepado es de un solo pilote. En encepados de dos pilotes es obligatorio el arriostramiento en al menos una dirección, la perpendicular a la dirección de su eje de menor inercia.
4) Fuste del pilote: Cuerpo vertical longitudinal del pilote. Las cargar son transmitidas al terreno a través de las paredes del fuste por efecto de rozamiento con el terreno colindante.

5) Punta del pilote: Extremo inferior del pilote. Transmite las cargas por apoyo en el terreno o estrato resistente.
6) Terreno circundante.

Los pilotes pueden alcanzar profundidades superiores a los 40 m teniendo una sección transversal de 2-4 m, pudiendo gravitar sobre ellos una carga de 2000 toneladas.

La eficacia de un pilote depende de:

a) El rozamiento y la adherencia entre el suelo y el fuste del pilote.
b) La resistencia por punta, en el caso de transmitir compresiones. Ante posibles esfuerzos de tracción, se puede ensanchar la parte inferior del pilote, de forma que trabaje el suelo superior.
c) La combinación de las dos anteriores.

APLICACIONES

El empleo de cimentaciones mediante pilotaje está indicado en los siguientes casos:

- Cuando la carga transmitida por las estructuras no puede ser distribuida en el terreno de forma uniforme mediante el empleo de sistemas de cimentación directa como zapatas o losas.
- Cuando el nivel del firme no puede ser alcanzado de forma sencilla o se encuentra a gran profundidad.
- Cuando los estratos superiores del terreno son poco consistentes hasta cotas profundas, contienen gran cantidad de agua o bien se necesita cimentar por debajo del nivel freático.
- Cuando se prevea que los estratos inmediatos a la superficie de cimentación pueden determinar asientos imprevisibles de cierta importancia.
- Si se quiere reducir o limitar los posibles asientos de la edificación.
- En presencia de grandes cargas y concentradas.
- Si las distintas capas superficiales de los terrenos pueden sufrir variaciones estacionales como hinchamientos, retracciones, etc.
- En edificaciones sobre el agua.



Pilote ya hormigonado.

PILOTES DE HORMIGÓN ARMADO MOLDEADOS "IN SITU".

Definición.

Las cimentaciones por pilotes de hormigón armado "in situ" son las realizadas mediante pilotes de hormigón armado, cuya ejecución se efectúa perforando previamente el terreno y rellenando la excavación con hormigón fresco y las correspondientes armaduras.

Se consideran los siguientes tipos de pilotes moldeados "in situ":

• Atendiendo al modo de sostener las paredes de la perforación:

- Pilotes con entubación recuperable: La entubación se extrae a medida que se hormigona el pilote, y es siempre de acero.
- Pilotes con entubación perdida: La entubación constituye la protección exterior o forro del pilote.
- Pilotes perforados con lodos bentoníticos: Son los pilotes en los que se utiliza, como contención de las paredes de perforación, lodo bentonítico.
- Pilotes perforados sin sostenimiento: Pilotes en los que no se utiliza ningún sistema de contención de las paredes de perforación por permitirlo el terreno, sin que se prevea presencia de agua.
- Pilotes perforados con barrena continua: Pilotes perforados con una hélice continua de fuste hueco, a través del cual se procede al hormigonado a medida que se extrae la hélice.

• Atendiendo a la forma de introducir la entubación en el terreno:

- Pilotes de desplazamiento: La entubación se hinca con azuche inferior desplazando el terreno por percusión.

- Pilotes sondeados: La entubación se introduce en el terreno, extrayendo al mismo tiempo los productos de su interior mediante cuchara, sonda o cualquier otro artificio.

• Atendiendo a la forma de la entubación:

- Pilotes de entubación abierta: La entubación no tiene fondo, y puede ser introducida en el terreno por hinca o medios mecánicos alternativos.
- Pilotes de entubación cerrada: La entubación tiene fondo, constituyendo una caja prácticamente impermeable que aísla al pilote del terreno. En este caso los pilotes son, necesariamente de entubación perdida y de desplazamiento.
- Pilotes de entubación taponada: La entubación es abierta, pero se hinca con tapón de grava y hormigón, o bien con azuche perdido. Durante la hinca la entubación se comporta como cerrada, pero luego suele recuperarse, funcionando como una entubación abierta.



Pilotes in situ.

No deberán ejecutarse pilotes con barrena continua, salvo indicación expresa del Proyecto o del Director de las Obras, cuando:

- La inclinación de los pilotes sea mayor de 6º, salvo que se tomen medidas para controlar la dirección de la perforación y la colocación de la armadura.
- Existan capas de terreno inestable con un espesor mayor que tres veces el diámetro del pilote, salvo que pueda demostrarse, mediante pilotes de prueba, que la ejecución es satisfactoria.

Se considerarán como terrenos inestables los siguientes:

- Suelos uniformes no cohesivos con coeficiente de uniformidad -relación de diámetros correspondientes al sesenta y diez por ciento (60 por 100 y 10 por 100), en peso- inferior a dos (d60/d10 < 2) por debajo del nivel de agua.
- Suelos flojos no cohesivos con índice de densidad inferior a cero con treinta y cinco (0,35).
- Suelos blandos con resistencia al corte no drenada inferior a quince kilopascales (Tfu < 15 kPa).

Se entiende como diámetro nominal, de un pilote de sección circular, el diámetro medio de la perforación realizada en la zona superior del pilote. Se considera como zona superior del pilote la que va desde su extremo superior hasta tres diámetros por debajo del mismo.

Los diámetros nominales normalmente utilizados son los siguientes (expresados en milímetros): 450, 500, 550, 650, 750, 850, 1.000, 1.250, 1.500, 1.800, 2.000, 2.200 y 2.500.

ENCEPADOS

Para completar la solución de pilotajes como sistema de cimentación profunda, debe de ejecutarse en la cabeza de los pilotes un elemento llamado encepado.

Se define el encepado como una pieza prismática que une las cabezas de un grupo de pilotes que trabajan conjuntamente. Como caso particular, pueden existir encepados de un solo pilote. El encepado sirve de base al soporte que descansa sobre él, de forma análoga a lo que sería una zapata aislada. Se puede decir que es el elemento de transición entre la estructura y los pilotes.

Como hemos dicho que los encepados son elementos análogos a las zapatas, la norma establece una tipología de clasificación similar para unos y otras:

Tipo 1 0.5 h = V = 1.5 h

Tipo 2 V 0.5 h

Tipo 3 V 1.5 h

Siendo V el vuelo, y h el canto.

Normalmente se emplean encepados tipo 1 y 2, es decir piezas bastante rígidas que permiten economizar en disposición de armado.



Picado de cabezas para el encepado.

FORMA DE TRABAJO ENCEPADOS.

La forma de trabajo de un encepado sobre pilotes, se asemeja al de una zapata aislada, de modo que, la carga recibida de la estructura se distribuye homogéneamente a los pilotes.

El número mínimo de pilotes que puede haber bajo un encepado, es uno, siendo este un caso especial, ya que un error excesivo de excentricidad entre el eje del soporte y el eje del pilote, nos condiciona la disposición de la armadura, colocando barras respecto de las tres direcciones principales del espacio.

En el caso de disponer de un encepado de dos pilotes, la forma de trabajo podemos describirla de la siguiente manera:

La carga transmitida a través del soporte llega al encepado, considerando que la intensidad de esta acción queda dividida en dos cargas de igual intensidad, cada una de ellas va hacia cada uno de los pilotes, lo que produce una reacción en cada pilote, igual a la mitad de la carga que gravita sobre el encepado. De esta forma se generan tracciones en la cara inferior, y compresiones en la cara superior.

3.2. Tareas previas.

ARMADURAS.

Se estará a lo dispuesto al respecto en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE) y en UNE 36068.
Los diámetros mínimos de las armaduras longitudinales serán de doce milímetros.

La armadura longitudinal mínima será de 5 barras de 12 mm.

En el Proyecto se establecerán las medidas necesarias para dotar de rigidez a las jaulas.

La separación entre las barras longitudinales deberá ser la mayor posible, para asegurar un correcto flujo del hormigón, pero no excederá los doscientos milímetros.

Cuando los pilotes se hormigonen en condiciones sumergidas, la distancia mínima de separación entre las barras verticales de una alineación, no deberá ser menor de cien milímetros.

La distancia mínima de separación entre barras de una misma alineación concéntrica podrá ser reducida a tres veces el diámetro de una barra (o su equivalente) si se cumplen las siguientes condiciones:

- Se utiliza una mezcla de hormigón muy fluida y diámetro máximo del árido no superior a la cuarta parte de la separación entre barras.
- Los pilotes son hormigonados en condiciones secas.

La mínima distancia entre las barras de las diferentes alineaciones concéntricas será mayor o igual que el diámetro de la barra. En ningún caso la separación entre barras longitudinales será inferior a 20 mm, salvo en la zona de solape de las barras, donde podrá ser reducida.

Los diámetros de las barras transversales para cercos o armaduras helicoidales serán superiores a 6 mm y mayores que un cuarto del diámetro máximo de las barras longitudinales.

La armadura transversal deberá adaptarse, con precisión, alrededor de la armadura longitudinal principal, y estará unida a ella mediante medios adecuados.

Cuando el esfuerzo cortante en el pilote exceda la mitad de la resistencia a cortante del hormigón deberán disponerse los cercos de acuerdo con la normativa vigente.

Respecto a las prescripciones a adoptar al respecto de las acciones sísmicas se estará en todo caso a lo dispuesto en la Norma de Construcción Sismorresistente, o normativa que en su caso la sustituya.

RECUBRIMIENTO HORMIGÓN.

El recubrimiento de hormigón para la armadura se establecerá de acuerdo con lo especificado en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

El recubrimiento mínimo se incrementará a 75 mm cuando:

- El pilote se ejecute en terreno blando y se construya sin entubar.
- Se coloque el hormigón en condiciones sumergidas, con un tamaño máximo de árido de 25 mm.
- La armadura se instale después de la colocación del hormigón.
- La perforación tenga las superficies irregulares.

El recubrimiento de hormigón se podrá reducir a 40 milímetros, si se utiliza un encamisado o forro permanente.

FLUIDOS DE ESTABILIZACION

Suspensiones de bentonita.

La bentonita usada como lodo de estabilización deberá cumplir los siguientes requisitos:

- El porcentaje de partículas de tamaño mayor de 80 micras no será superior a cinco.
- El contenido de humedad no será superior al quince por ciento.
- Límite líquido mayor del trescientos por ciento.
- Los fluidos no deberán presentar, en cantidad significativa, componentes químicos, dañinos para el hormigón o la armadura.

Las propiedades de los lodos bentoníticos deberán ser al menos las siguientes:

	Fresco	Listo para reempleo	Antes de hormigonar
Densidad (kg/m^3)	< 1.100	< 1.200	< 1.150 (*)
Viscosidad en cono Marsh (s)	32 a 50	32 a 60	32 a 50
Filtrado (cm^3)	< 30	< 50	-
Contenido de arena en peso (%)	-	-	< 3% (**)
pH	7 a 11	7 a 11	7 a 11

Conforme a UNE EN 1536

• (*) Un valor de densidad de hasta mil doscientos kilogramos por metro cúbico (1.200 kg/m^3) se podrá considerar válido para antes de hormigonar en casos especiales, tales como presencia de agua salada o barro espeso.

• (**) El contenido definitivo de arena será fijado por el Director de las Obras, en función del tipo de terreno atravesado.

<u>Polímeros y otras suspensiones.</u>

Otras suspensiones conteniendo polímeros, polímeros con bentonita en aditivo u otras arcillas pueden ser usadas como lodos de estabilización en base a la experiencia de:

- Casos previos, en condiciones geotécnicas similares o peores.
- Excavaciones de ensayo a escala natural "in situ".

Las suspensiones deberán ser preparadas, mantenidas y controladas de acuerdo con la normativa o prescripciones vigentes, o en caso de no ser aplicables, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCION DE LAS OBRAS

El equipo necesario para la ejecución de las obras ofrecerá las máximas garantías en cuanto se refiere a los extremos siguientes:

- Precisión en la ejecución de la perforación.
- Mínima perturbación del terreno.
- Continuidad de los pilotes.
- Calidad del hormigón

3.3. Proceso constructivo.

En el hormigonado de los pilotes se pondrá el mayor cuidado en conseguir que el pilote quede, en toda su longitud, con su sección completa, sin vacíos, bolsadas de aire o agua, coqueras, cortes, ni estrangulamientos. También se deberán evitar la segregación del hormigón fresco.

En los pilotes de entubación cerrada, ésta se limpiará, de modo que no quede tierra, agua, ni objeto o sustancia que pueda producir disminución en la resistencia del hormigón. Lo mismo se hará con los pilotes de entubación abierta con tapón o azuche perdidos.

En los demás tipos de pilotes de entubación abierta, se procederá, inmediatamente antes del comienzo del hormigonado, a una limpieza muy cuidadosa del fondo del taladro. Sin embargo, si la sedimentación en dicho fondo rebasase los cinco centímetros, se echará en el mismo un volumen de gravilla muy limpia y de graduación uniforme, sin nada de arena, equivalente a unos quince centímetros de altura dentro del taladro construido. Esta gravilla formará un apoyo firme para el pilote, absorbiendo en sus huecos la capa de fango que haya sido imposible limpiar.

Una vez que el hormigonado haya comenzado, el tubo-tremie deberá estar siempre inmerso en, por lo menos, tres metros de hormigón fresco. En caso de conocerse con precisión el nivel de hormigón la profundidad mínima de inmersión podrá reducirse a dos metros.

Las armaduras longitudinales se suspenderán a una distancia máxima de veinte centímetros respecto al fondo de la perforación y se dispondrán bien centradas y sujetas.

Durante el hormigonado de los pilotes de entubación recuperable, se irá elevando dicha entubación de modo que quede siempre un tapón de hormigón

en el fondo de la misma, del orden de dos diámetros, que impida la entrada del terreno circundante.

En los pilotes de entubación recuperable el hormigonado se hará bien en seco, o bien con el tubo inundado lleno de agua, debiendo elegir el Director de las Obras uno u otro procedimiento según la naturaleza del terreno. Si se hormigona con el tubo inundado, el hormigón se colocará en obra por medio de tubo-tremie o bomba para impedir su disgregación.

El tubo-tremie deberá colocarse en el fondo del pilote al comienzo del hormigonado, y después se izará ligeramente, sin exceder un valor equivalente al diámetro del tubo.

La colocación del hormigón bajo agua o lodos estabilizadores debe realizarse por medio de tubo-tremie, al objeto de evitar la segregación, lavado y contaminación del hormigón.

Si el hormigonado se hace con agua en el tubo, se hormigonará la cabeza del pilote hasta una cota al menos treinta centímetros por encima de la indicada en Proyecto y se demolerá posteriormente este exceso por estar constituido por lechada que refluye por encima del hormigón colocado. Si al efectuar dicha demolición se observa que los treinta centímetros no han sido suficientes para eliminar todo el hormigón desechable y de mala calidad, se proseguirá la demolición hasta sanear completamente la cabeza, reemplazando el hormigón demolido por hormigón nuevo, bien adherido al anterior.

El hormigonado de un pilote se hará en todo caso, sin interrupción; de modo que, entre la introducción de dos masas sucesivas, no pase tiempo suficiente para la iniciación del fraguado. Si, por alguna avería o accidente, esta prescripción no se cumpliera, el Director de las Obras decidirá si el pilote puede considerarse válido y terminarse, o no. En el caso de que se interrumpa el hormigonado bajo agua, no se aceptará el pilote salvo que, con la aceptación explícita del Director de las Obras, se arbitren medidas para su recuperación y terminación, así como para la comprobación de su correcta ejecución y funcionamiento. El pilote que haya sido rechazado por el motivo indicado, habrá de ser rellenado, sin embargo, en toda su longitud abierta en el terreno. La parte de relleno, después de rechazado el pilote, podrá ejecutarse con hormigón de relleno cuya resistencia característica mínima a compresión sea de 12,5 MPa a veintiocho días. Su ejecución se hará con los mismos cuidados que si se tratara de un pilote que hubiera de ser sometido a cargas.

Se confeccionará un parte de trabajo de cada pilote, en el que figurarán, al menos:

- La fecha y hora de comienzo y fin de la introducción de la entubación.
- La profundidad total alcanzada por la entubación y por el taladro.
- La profundidad hasta la que se ha introducido la armadura, y la longitud y constitución de la misma.
- La profundidad del nivel de la superficie del agua en el taladro al comienzo del hormigonado.
- La utilización o no de trépano, indicando en su caso profundidad, peso y tiempo de empleo.
- La relación volumen de hormigón-altura alcanzada.
- La fecha y hora del comienzo y terminación del mismo.

En el caso de pilotes excavados, se registrará la calidad y espesor de los estratos atravesados y se tomarán muestras del terreno, en la forma y con la frecuencia que ordenen el Proyecto o el Director de las Obras.

Sobre alguno de los pilotes de prueba, o bien sobre cualquiera de los de trabajo, se efectuarán las pruebas de carga y los ensayos sónicos, de impedancia mecánica o cualquier otro previsto en el Proyecto u ordenado por el Director de las Obras.

En el caso de pilote aislado bajo un pilar se recomienda equipar todos los pilotes para su posible comprobación, y llevar a cabo pruebas del tipo señalado en, al menos, un pilote de cada tres.

Si los resultados de los ensayos sónicos o de impedancia mecánica revelaran posibles anomalías, el Director de las Obras podrá ordenar bien la comprobación del diseño teórico del pilote, bien la comprobación de la continuidad del pilote mediante sondeos, de cuya interpretación podrá establecer:

- La realización de pruebas de carga.
- La necesidad de reparación del pilote.
- El rechazo del pilote.

En el caso de realizar pruebas de carga, si éstas produjesen asientos excesivos y se demostrase que ello se debía a defecto del pilote, el Director de las Obras podrá ordenar la ejecución, de nuevas series de control sobre tres pilotes, por cada pilote defectuoso encontrado. En el caso de realizar pruebas de carga suplementarias, se aplicará sobre el pilote una carga máxima del

125% de la de trabajo. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras, definirán los criterios a seguir para la aceptación o rechazo de la cimentación a la vista de los resultados de los ensayos de carga o de cualquier otra comprobación que se realice.

TOLERANCIAS

Los pilotes se construirán con los siguientes rangos de tolerancias:

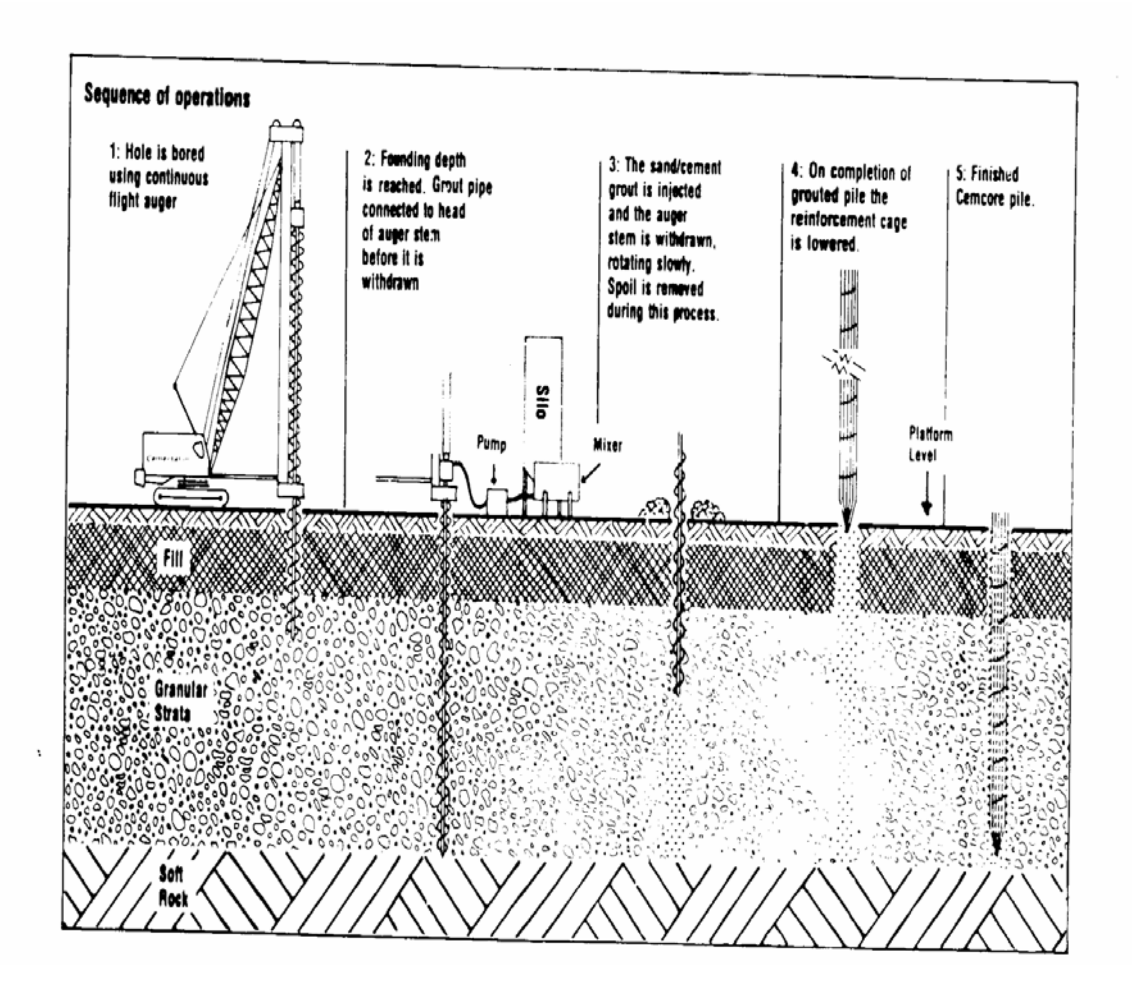
- La excentricidad del eje del pilote respecto a la posición fijada, será inferior a 10 cm para pilotes de diámetro no superior a un metro y a la décima parte del diámetro en caso contrario, pero siempre inferior a quince centímetros.
- Para pilotes verticales o con pendiente superior a quince (15V:1H) el error de inclinación no excederá 2% del valor de la pendiente.
- Para pilotes inclinados con pendientes comprendidas entre quince y cuatro el error de inclinación no excederá del 4% del valor de la pendiente.

PILOTE BARRENADO SIN SOSTENIMIENTO

Perforación mediante barrena.

Hormigonado por el interior de la barrena y extracción simultánea de la barrena.

Se introduce la armadura con el hormigón fresco.



PILOTE PERFORADO SIN ENTUBACIÓN Y CON LODOS BENTONÍTICOS

Perforación mediante hélice.

Lodo bentonítico de densidad mayor que la del agua y menor que la del terreno. Es capaz de transmitir cierta presión en la perforación.

Se hormigona desde el extremo inferior. El propio hormigón desaloja el lodo.

La armadura se introduce con el hormigón fresco.

<u>PILOTE EXCAVADO CON CAMISA RECUPERABLE.</u>

Se excava con cuchara (suelo granular).
Se introduce camisa de chapa a tiempo que se avanza con la cuchara.
Se introduce armadura en el interior vacio de la camisa.
Se introduce tubo para hormigonar por el interior de la armadura.
Se hormigona desde el extremo inferior a medida que se extrae el agua.
Se extrae la camisa, por tramos a medida que se hormigonan.

1. Boring the pile shaft in granular soil using temporary casing and shell
2. Reinforcement and Tremie tube inserted in pile shaft at the start of the concreting operation
3. Concreting commenced with water and silty slurry being displaced
4. Water discharging as concreting proceeds
5. Withdrawing temporary casi

Plug
Tremie tube
Temporary casing
Pile reinforcement
Slurry

Note:
Concreting deep
may be facilitate
extracting the
temporary casin
stages and remo
the hopper but k
the tremie tube
the concrete

<u>PILOTE PERFORADO CON HELICE.</u>

Perforación mediante hélice.

Introducción de armadura y hormigón por el interior del tubo.

Hormigonado y extracción de herramienta de corte simultáneos.

Cohesive strata

Granular strata

Setting up the rig | Screwing in the compression auger head | Drilling down into the bearing layer and introduction of the steel cage | Fill the tube and its upper hopper with concrete | Unscrewing and tube withdrawal as the pile is filled with concrete | Completed pile

PILOTE PERFORADO CON HÉLICE Y ENTUBACIÓN RECUPERABLE.

La perforación es acompañada de una entubación, sobre todo en estratos granulares. En los cohesivos puede no ser necesaria.

Herramienta especial para ensanchar la base.

Introducción de armadura en el interior de la camisa.

Hormigonado y extracción de entubación simultáneos.

Sequence of operations Using lorry or crane mount rig.

1: After boring to sufficient depth, steel guide case is inserted, using Vibrator when necessary. Boring continues to founding depth

Telescopic kelly bar

2: Underreaming commences

Temporary casing

3: Underreaming completed. Inspection capsule lowered to check underreaming

Platform level

Hardcore top

4: Reinforcing is inserted and concrete pouring commences

Topsoil

5: Casing is withdrawn using heavy lifting frame or Vibrator when necessary

Platform level

Hardcore top

Non cohesive strata

Casing withdrawn

Cohesive strata

4. LISTAS DE COMPROBACIÓN.

Se realizará cada una de las siguientes verificaciones, según se detalla cada apartado en los anexos

1. Control de recepción de materiales certificados
   - 1.1. Suministro.
   - 1.2. Distintivos de calidad.
   - 1.3. Ensayos.
2. Control de recepción de materiales no certificados.
   - 2.1. Suministro.
   - 2.2. Ensayos.
3. Control de ejecución.
   - 3.1. Replanteo y geometría.
   - 3.2. Materiales.
     - 3.2.1. Hormigón fabricado en central.
     - 3.2.2. Hormigón fabricado en obra.
     - 3.2.3. Barras de acero.
   - 3.3. Verificaciones previas.
     - 3.3.1. Excavaciones.
     - 3.3.2. Cimientos.
   - 3.4. Colocación y ejecución.
     - 3.4.1. Excavaciones.
     - 3.4.2. Armados para hormigón.
       - 3.4.2.1. Sujeción.
       - 3.4.2.2. Empalme para hormigón.
       - 3.4.2.3. Separadores.
       - 3.4.2.4. Cortado.
     - 3.4.3. Encofrados y desencofrados.
       - 3.4.3.1. Diseño.
       - 3.4.3.2. Puesta en obra de los encofrados.
       - 3.4.3.3. Material.
     - 3.4.4. Hormigonado.
       - 3.4.4.1. Condiciones encofrados.
     - 3.4.5. Uniones elementos.
       - 3.4.5.1. Genérico.
       - 3.4.5.2. Hormigón / Hormigón.
       - 3.4.5.3. Hormigón / Perfiles metálicos.
       - 3.4.5.4. Hormigón / Cerámica.
       - 3.4.5.5. Hormigón / Bloque.
       - 3.4.5.6. Hormigón / Madera.
4. Control de la obra acabada.
5. Verificaciones posteriores.
6. Estructura de hormigón.

2. TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECIALES.

INTRODUCCIÓN

La cimentación es la parte estructural del edificio, encargada de transmitir las cargas al terreno, el cual es el único elemento que no podemos elegir, por lo que la cimentación la realizaremos en función del mismo. Al mismo tiempo, éste no se encuentra todo a la misma profundidad por lo que eso será otro motivo que nos influye en la decisión de la elección de la cimentación adecuada.

CLASIFICACIÓN.

Las cimentaciones se clasifican.

-Cimentaciones superficiales.

-Cimentaciones profundas

-**Cimentaciones especiales. Trabajos geotécnicos.**

Nos encontraremos en algunas ocasiones, con que los métodos tradicionales de cimentaciones superficiales y/o profundas no son aplicables al terreno o a los trabajos que vamos a realizar.

Para ello, existen diversas soluciones que permiten solventar con éxito las dificultades que encontremos en nuestro trabajo, estas soluciones son lo que llamamos trabajos geotécnicos especiales.

Los trabajos geotécnicos especiales nos van a permitir, no solo solucionar nuevas cimentaciones a ejecutar, sino que también van a estar presentes cuando tengamos que solventar alguna patología en cimentaciones ya ejecutadas.

Aunque existen otros métodos geotécnicos, para el presente documento vamos a estudiar los siguientes:

- Tablestacados.
- Inyección.
- Jet Grouting.
- Micropilotes. (Según algunos técnicos, este método también podría estar englobado como cimentación profunda).

7.1. TABLESTACADOS.

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.



Tablestacas metálicas.

1.1. Concepto y descripción de unidades más frecuentes.

Las tablestacas son un tipo de pantalla, o estructura de contención flexible, empleada habitualmente en ingeniería civil.

Están formadas por elementos prefabricados. Estos elementos prefabricados suelen ser de acero, aunque también las hay de hormigón, madera, vinilo, aluminio o FRP Composite (FRP: Fiber reinforced polymer/plastic, composite utilizado en algunas estructuras como por ejemplo, la Torre de la Universidad Politécnica de Valencia, UPV por el Ingeniero Rovira-Soler).

No se deben confundir las tablestacas de hormigón, con las pantallas de paneles prefabricados de hormigón, que suelen ser de dimensiones mayores.

Los elementos prefabricados que componen las tablestacas se hincan en el terreno mediante uno o la combinación de los siguientes métodos:

- Impacto.
- Vibración.
- Presión.

Las juntas que existen entre sí, tienen dos misiones.

- Impermeabilizar el contorno, y evitar que se produzcan filtraciones.
- Guiar las tablestacas contiguas.

Dado que los elementos se colocan mediante hinca, han de tener unas dimensiones (entre ellas el espesor) lo suficientemente pequeñas para que se facilite la hinca. Pero también ha de tener una resistencia mínima. Es por esto por lo que, salvo raras excepciones, se emplea el acero.

Los pequeños espesores pueden dar lugar a que los paneles o planchas metálicas que conforman las tablestacas pandeen o flecten. Para evitarlo, se alabea la sección, dotándoles de una mayor inercia.

Por ello las secciones más típicas son 'en Z' o 'en U'.



Tablestacas.

Un tablestacado es un muro de contención con una doble función: impide que el agua avance sobre el terreno y, en los casos que el agua ya avanzó, permite recuperar el terreno.

El Tablestacado es fundamental para lograr delimitar espacios y funciones en terrenos con desniveles.

El éxito de cualquier instalación de tablestacas depende del uso del equipo adecuado a las condiciones del suelo en el sitio.

Generalmente los métodos vibratorios son los más eficientes, son más adecuados en suelos arenosos o granulosos, mientras que la colocación de impacto funciona mejor en condiciones de suelo de cohesión o arcillas. Si el ruido o las vibraciones no son admisibles en el trabajo a ejecutar, el método por presión será el más adecuado, funcionando muy bien en terrenos cohesivos.

En ocasiones es mejor cavar una zanja, colocar las tablestacas y rellenar con tierra o con un relleno fluido.

Por el método de construcción, las tablestacas se clasifican en dos tipos básicos:

- en voladizo.
- ancladas.

En la construcción de muros de tablestacas, las tablestacas se hunden en el terreno y luego se coloca el relleno sobre el lado de tierra o primero se hinca la tablestaca en el terreno y luego se draga el suelo al frente de la tablestaca. En cualquier caso, el suelo del relleno detrás de la tablestaca es generalmente granular. El suelo debajo de la línea de dragado puede ser arenoso o arcilloso. La superficie del suelo en el lado del agua se denomina línea de lodo o línea de dragado.

Se definen como tablestacados metálicos las paredes formadas por tablestacas metálicas que se hincan en el terreno, para constituir, debidamente enlazadas, pantallas de impermeabilización o resistencia, con carácter provisional o definitivo.

Se entiende por pantalla de tablestacas combinada la compuesta por elementos primarios y secundarios. Los elementos primarios están formados normalmente por pilotes metálicos, situados en el terreno a intervalos equidistantes. Los elementos secundarios son generalmente perfiles metálicos de tablestaca, que se disponen en el espacio intermedio entre los elementos primarios.

Usos y aplicaciones.

Las tablestacas son muy utilizadas en obras tanto de carácter provisional como definitivo. Sus usos más destacados son:

- Construcción de túneles,

- Obras de contención dentro y fuera del agua,

- Construcción de pasajes bajo y sobre nivel,

- Estacionamientos subterráneos,

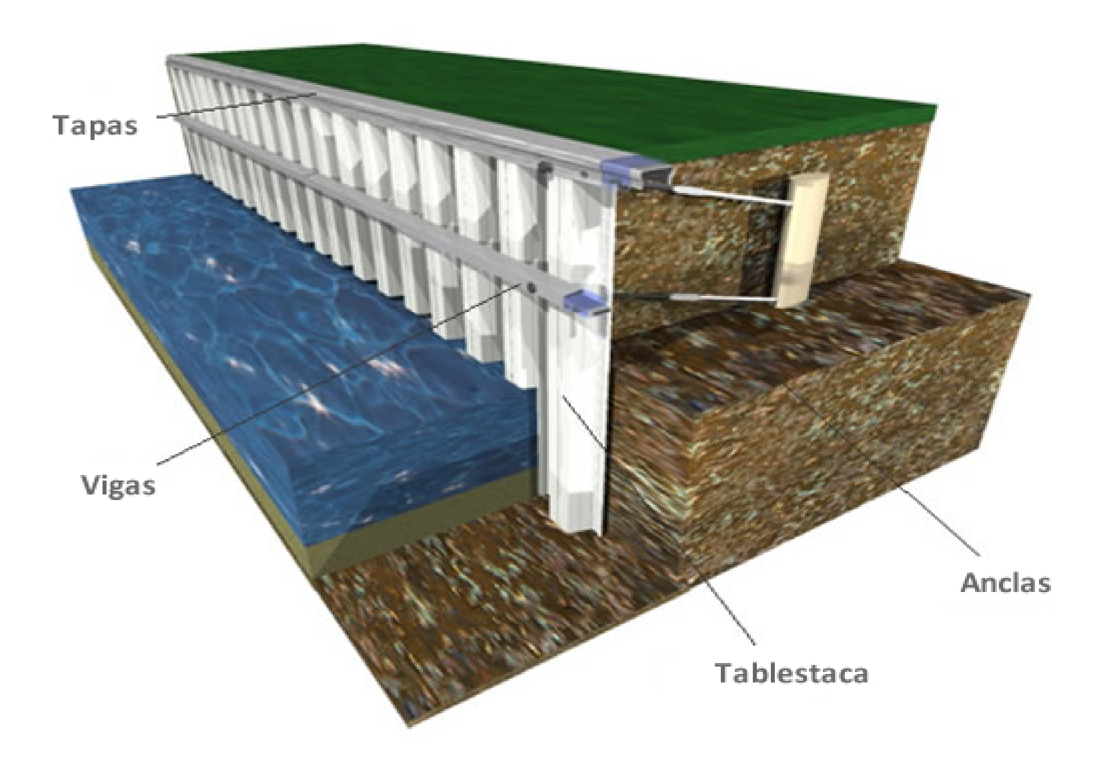
- Subsuelos de edificios residenciales/ comerciales,

- Construcción y expansión de muelles,

- Aumento de calado de los puertos,

- Recuperación de muelles con problemas de fuga de material de contención.

1.2. Diseño y elección del sistema.



Las ataguías, también conocidas como tablestacas, conectadas o semiconectadas, se usan para construir muros continuos de estructuras costeras que van desde embarcaderos para lanchas pequeñas de recreo hasta muelles para embarcaciones de gran tamaño. A diferencia con la construcción de otros tipos de muros de retención, los muros de tablestacas no requieren usualmente el desagüe del sitio. Las tablestacas se usan también para estructuras temporales, como cortes apuntalados.

Varios tipos de tablestacas son comúnmente usados en construcción, siendo los más usuales:

- Madera.
- Hormigón prefabricado.
- Acero.
- Aluminio.

Las tablestacas de madera se usan sólo para estructuras ligeras temporales por arriba del nivel del agua freática. Los más comunes son tablones ordinarios.

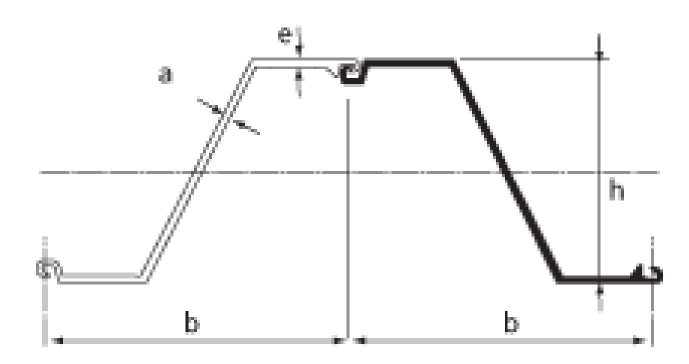
Los tablones tienen aproximadamente 50 mm x 300 mm de sección transversal y se hincan de borde a borde.

Los tablones de madera también se cepillan para formar tablestacas machihembradas, otro tipo de tablestacas de madera es el que tiene ranuras precortadas. Se utilizan unas lengüetas metálicas que se insertan en las ranuras de las tablestacas adyacentes para mantenerlas juntas después de hincadas en el terreno.

Las tablestacas de hormigón prefabricado son pesadas y se diseñan con refuerzo para resistir los esfuerzos permanentes a los que la estructura estará sometida después de la construcción y también para tomar los esfuerzos producidos durante la construcción. En sección transversal, esas tablestacas tienen aproximadamente 500-800 mm de ancho y 150-250 mm de espesor.

Las tablestacas de acero disponen secciones en Z, en U, de arco profundo, de arco bajo o de alma recta. Las interconexiones de las secciones de tablestacas tienen forma machihembrada o de rótula para las conexiones herméticas.

Tablestacas Z

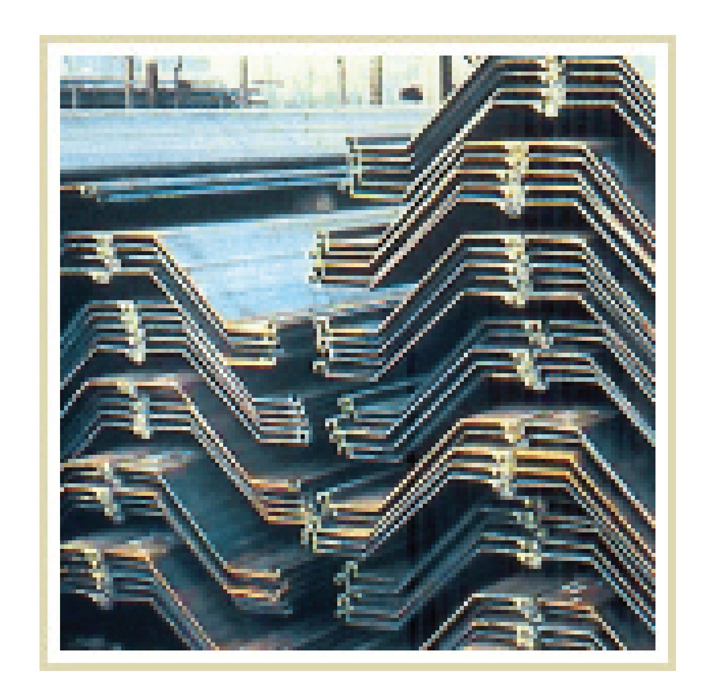


Ventajas y beneficios.

Las características esenciales de las tablestacas Z son la forma continuada del alma, y la ubicación especifica del entrelazado simétrico en ambos lados del eje neutro: ambos hechos ejercen una influencia positiva sobre el cálculo del módulo de la sección.

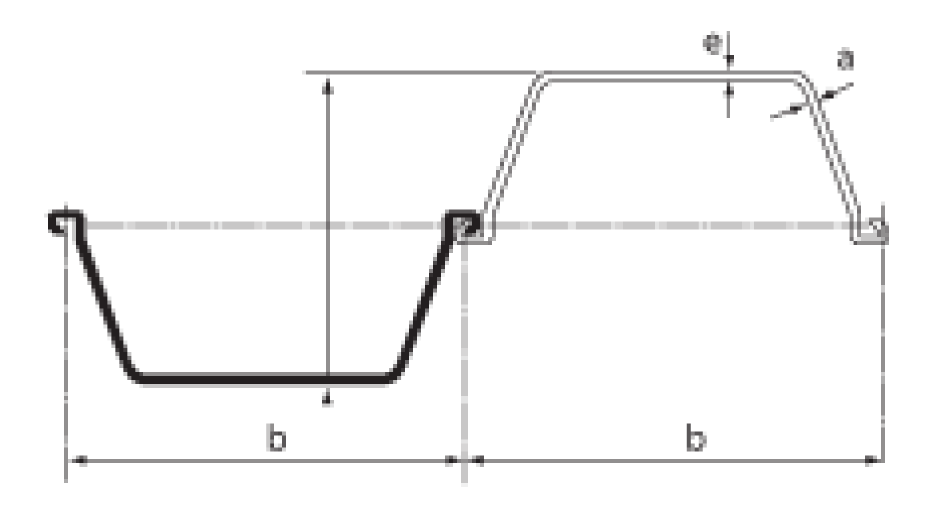
- Relación sumamente competitiva del módulo de sección/ masa.

- Inercia aumentada reduciendo el desvío, permitiendo la selección de aceros de alta calidad y rendimiento para obtener la solución más económica.



Tablestacas en Z.

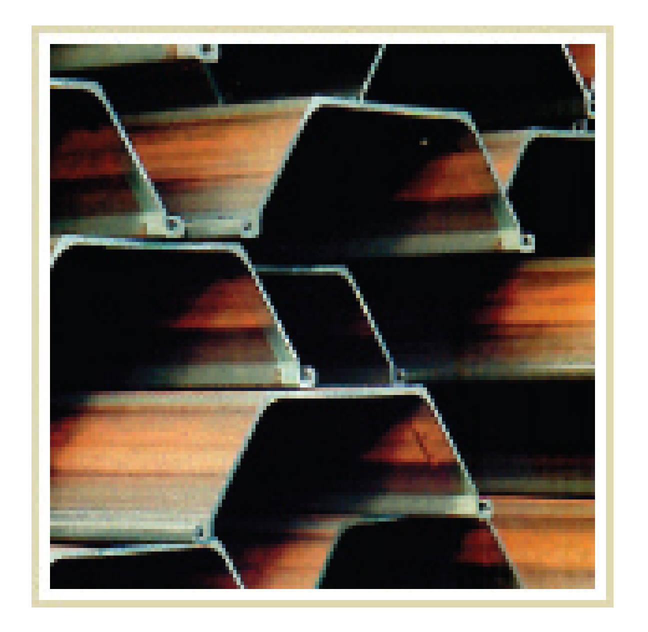
Tablestacas U



Ventajas y beneficios.

La tablestaca tipo U, con anchos útiles que pueden llegar a 750 mm. Son las que presentan mejor relación módulo elástico por peso (cm3/m). Este tipo de tablestaca combina economía en la cantidad de acero con un excelente desempeño en su instalación, reduciendo así los costos de la obra, incluso bajo condiciones de suelos difíciles.

- Gran variedad de secciones que forman varias series con múltiples características geométricas que, ofrecen la sección técnica y económicamente más viable para un determinado proyecto.
- Combinación de grandes extensiones de alma con diferentes espesores de ala, lo que permite obtener excelentes propiedades estáticas.
- Forma simétrica de los elementos individuales convierten a estas tablestacas en un producto apropiado y conveniente para ser reutilizadas.
- Posibilidad de montar y fijar las tablestacas en pares, en la planta, resulta una mejoría de la calidad de instalación, así como de desempeño.
- Fijación fácil de los vástagos y de las articulaciones giratorias, incluso dentro del agua.
- Buena resistencia a la corrosión, el espesor mayor del acero se encuentra en la parte externa de la geometría.



Tablestacas en U.

Pantallas de tablestacas autoportantes.

Tablestacado sin necesidad de elementos adicionales de sostenimiento

El tablestacado en ménsula es la solución más sencilla y elemental de este sistema.



Tablestacas autoportantes.

La pantalla se mantiene estable debido a su empotramiento en el terreno, trabajando en ménsula.

Gran sencillez de ejecución y rapidez.

El interior de la excavación queda totalmente libre de obstáculos para la realización del movimiento de tierras y demás trabajos.

No existen limitaciones en las dimensiones en planta del recinto a excavar.

Profundidad de excavación limitada, en función del tipo de terreno.

Excavación en una única fase, sin necesidad de arriostramiento ni apuntalamientos intermedios.



Excavación en pantalla de tablestacas.

Pantallas de tablestacas arriostradas con perfilería metálica.

Solución eficaz para acometer excavaciones de envergadura.

Las pantallas de tablestacas pueden arriostrarse con perfilería metálica para alcanzar grandes profundidades de excavación limitando las deformaciones.



Tablestacas arriostradas.

Posibilidad de alcanzar grandes profundidades de excavación de una forma sencilla y económica.

Las deformaciones en la pantalla son mínimas, lo que le convierte en una solución ideal para realizar excavaciones junto a elementos a proteger (edificaciones, instalaciones, redes de comunicaciones, etc.).

Necesidad de realizar la excavación en más de una fase, para realizar el montaje del arriostramiento.

El arriostramiento se puede realizar mediante vigas y codales metálicos o mediante una estructura diseñada a medida con perfiles que tengan las uniones soldadas en el emplazamiento definitivo.



Arriostramiento por vigas y codales.

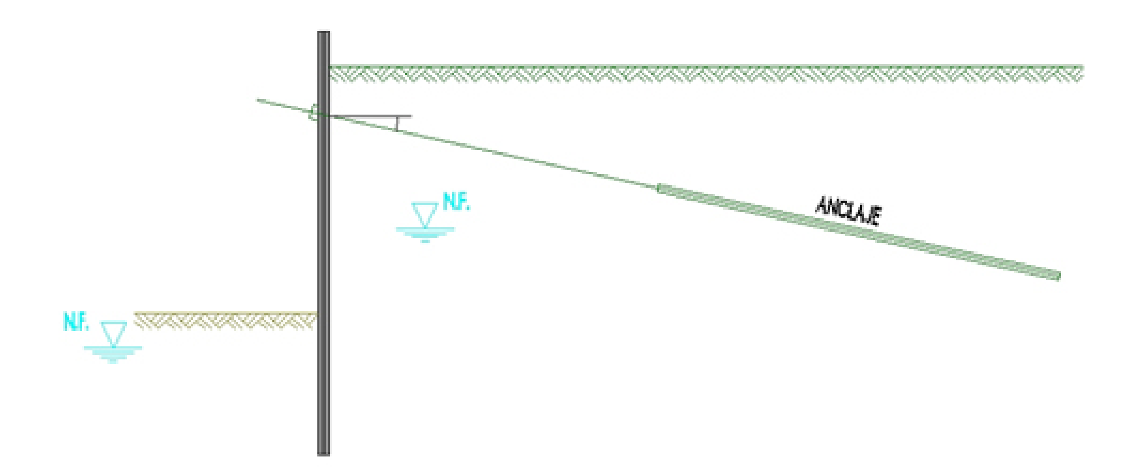
La solución mediante vigas y codales fabricados a medida es ideal para el arriostramiento de zanjas.

La solución mediante estructura metálica soldada proporciona mayores huecos para facilitar la excavación o la introducción de maquinaria y/o elementos prefabricados en el recinto.

Pantallas de tablestacas arriostradas con anclajes al terreno.

Arriostramiento empleando anclajes al terreno.

El arriostramiento de las pantallas de tablestacas mediante anclajes al terreno permite alcanzar grandes profundidades de excavación dejando el recinto libre de obstáculos.



De esta forma, se consiguen alcanzar grandes profundidades de excavación limitando las deformaciones en la pantalla.

Siempre que sea posible su colocación, el uso de anclajes para arriostrar pantallas de tablestacas permite realizar excavaciones junto a elementos a proteger (edificaciones, instalaciones, redes de comunicaciones, etc.).

Es necesario realizar la excavación en más de una fase, para ejecutar los anclajes y efectuar su tesado antes de proseguir con el resto de trabajos.

Con este tipo de arriostramiento es posible acometer la excavación de grandes recintos de muy diversas geometrías.

La excavación queda totalmente libre de obstáculos, permitiendo alcanzar grandes rendimientos en los trabajos a realizar en el interior del recinto.

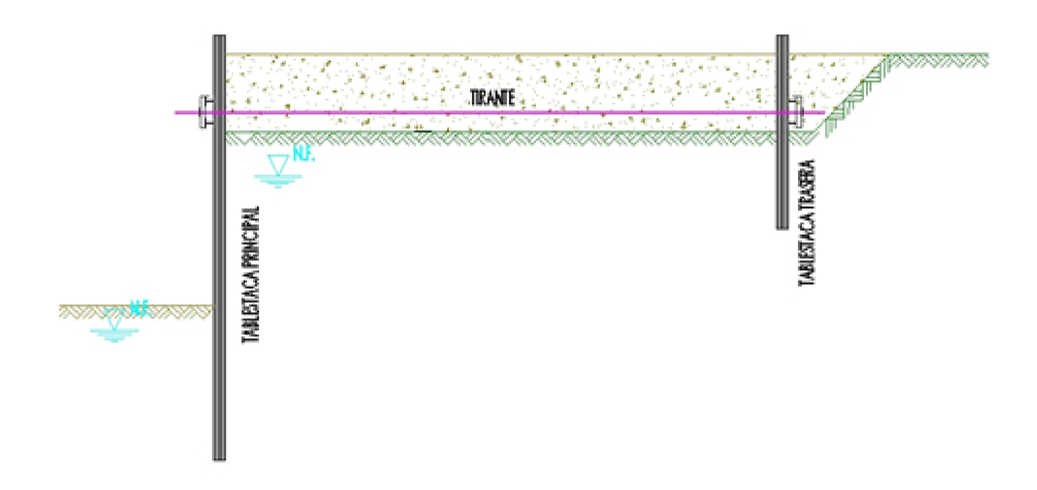


Arriostramiento por anclajes.

Pantallas de tablestacas arriostradas con tirantes.

Uso de tirantes de acero para acometer excavaciones sin obstáculos.

El uso de pantallas de tablestacas atirantadas tiene una ventaja añadida con respecto a las arriostradas con perfilería metálica: la excavación y puesta en obra sin obstáculos en el interior del recinto o zanja.



El arriostramiento de la pantalla de tablestacas se realiza mediante tirantes constituidos por barras de acero macizas.

Tiene el inconveniente de necesitar mucho espacio en la obra para colocar una pantalla de tablestacas trasera, paralela a la principal, para transmitir al terreno la reacción en el arriostramiento (ambas pantallas están conectadas por los tirantes).

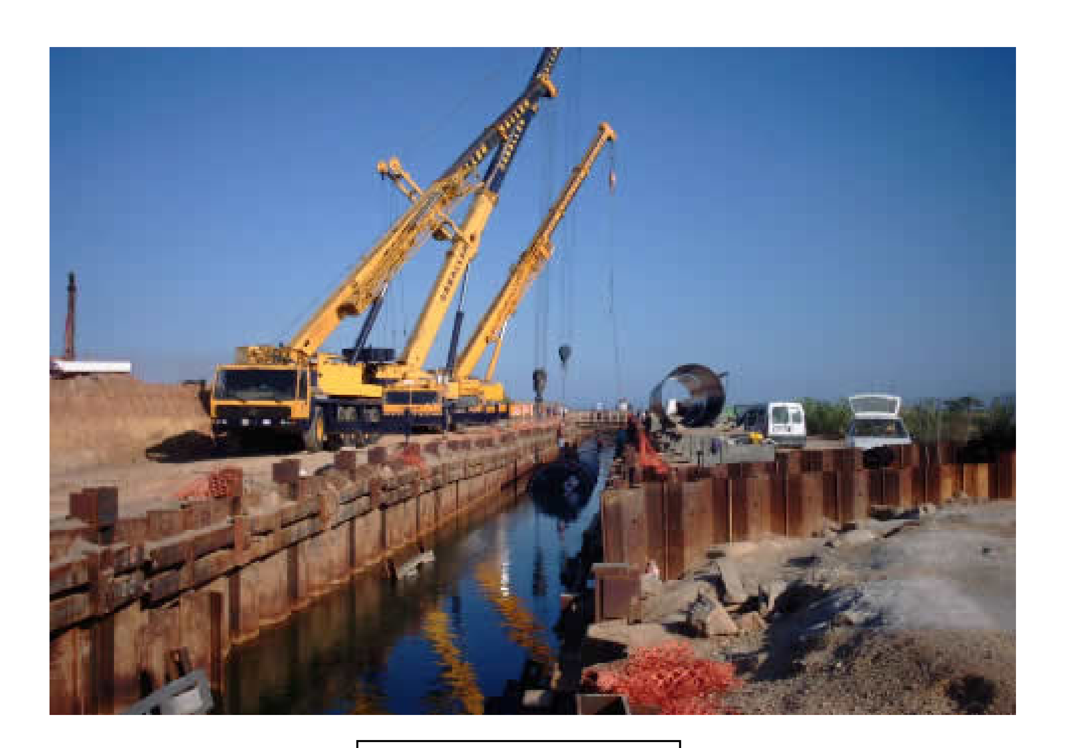
Y la ventaja de tener la posibilidad de alcanzar grandes profundidades de excavación sin perfiles ni codales que obstaculicen los trabajos de movimiento de tierras.

Produce unas deformaciones mínimas en la pantalla.

Obliga a realizar la excavación en más de una fase, para realizar el montaje de los tirantes y la viga de atado.

Todo el material es recuperable: tablestacas de las pantallas principal y trasera, tirantes y piezas auxiliares (placas, vigas de atado, etc).

Es la solución ideal para zanjas con necesidad de arriostramiento y con colocación de tubos en tramos de gran longitud, imposibles de colocar con la existencia de codales



Tablestacas.

PROCEDIMIENTOS DE HINCA: VIBRACIÓN

La técnica más utilizada y eficaz en la hinca de tablestacas.



Procedimiento de hinca. Vibración.

Se produce una transmisión de la vibración al suelo a través del elemento a hincar (tablestaca).

Las partículas del suelo junto a la tablestaca reciben la vibración y se debilitan las fuerzas que las mantienen unidas, facilitando así la hinca.

Método eficaz en la mayoría de suelos.



Hinca de tablestaca.

PROCEDIMIENTOS DE HINCA: GOLPEO.

Es un método complementario en suelos de mayor consistencia.

En los casos en los que la vibración no es suficiente para hincar las tablestacas puede recurrirse, si se estima conveniente, al uso de martillos de golpeo.



Golpeo de tablestacas.

El martillo de golpeo sujeta a la tablestaca por su parte superior y le transmite los impactos generados por una maza alojada en su interior.

Permite la hinca en suelos de mayor consistencia, donde la vibración no es suficiente para instalar la tablestaca.



Trabajos con tablestacas.

PROCEDIMIENTOS DE HINCA: AYUDAS A LA HINCA.

La perforación previa facilita la hinca en terrenos de cierta consistencia.

La técnica consistente en realizar perforaciones previas en el terreno es muy eficaz cuando existen dificultades en la hinca de tablestacas por vibración, especialmente en terrenos cohesivos.

Para facilitar la posterior hinca de las tablestacas, pueden utilizarse varios métodos:

- Lanza de agua a baja presión para suelos densos no cohesivos.
- Chorro de agua a alta presión para capas de suelo muy densas.
- Bentonita.
- Lubricantes.
- Explosivos (roca).



Perforación previa.

Las perforaciones, ubicadas convenientemente, se realizan previamente a la hinca mediante husillos acoplados a los equipos autotransportables de hinca de tablestacas o retroexcavadoras.

Permite la hinca en suelos de mayor consistencia, especialmente si son cohesivos, donde la vibración no es suficiente para instalar la tablestaca.



Máquina perforadora.

TIPOS DE UNIÓN ENTRE TABLESTACAS.

- Unión a tope.
- Unión por solapo.
- Unión en T.
- Soldadura

1.3. Elementos constitutivos comunes.

TABLESTACAS DE ACERO

Las tablestacas serán perfiles laminados de acero al carbono sin aleación especial, cuya resistencia característica a tracción será superior a trescientos cuarenta megapascales) u otra superior que determine el Proyecto.

El acero utilizado deberá permitir el empleo de soldadura eléctrica.

En el caso de reutilización de tablestacas deberá comprobarse que cumplen las especificaciones referentes al tipo, tamaño y calidad del acero definidos en el Proyecto.

Las tablestacas que se hubieran torcido por cualquier causa, se enderezarán, de modo que su flecha máxima, respecto a la recta definida por sus dos extremos, no sea mayor que 1/200 de su longitud.

El estado de las pestañas de unión de unas tablestacas con otras deberá ser aceptable; y permitirá su enhebrado sin ninguna dificultad, produciendo una unión sólida y estanca.

En caso de utilizarse materiales de sellado, para reducir la permeabilidad de las uniones entre tablestacas, éstos deberán cumplir las especificaciones definidas en Proyecto. Salvo que se disponga de experiencia previa contrastada, o de ensayos representativos sobre modelo del método a utilizar para el sellado de las uniones entre tablestacas, deberá comprobarse, mediante ensayos adecuados sobre tramos de unión sellados, que el método propuesto cumple los requisitos de impermeabilización de la pantalla de tablestacas especificados en Proyecto.

TABLESTACAS DE MADERA

La madera para tablestacas y vigas de reparto en tablestacados permanentes es normalmente de gran durabilidad. Las maderas tropicales cumplen por si solas, pero si se utilizan maderas de especies coníferas, necesitan ser impregnadas mediante un fluido en autoclave.

Los cortes, perforación y operaciones similares conviene hacerlas preferentemente en fábrica antes de impregnar la madera. Cuando la madera protegida se corta, se perfora o se le da nueva forma, es necesario tratar la zona afectada con un líquido protector especial.

Se tendrá en cuenta en caso de utilizar las tablestacas de madera una serie de aspectos importantes para que su uso sea el adecuado:

- Que cumplan los requisitos de resistencia mecánica.
- Los valores nominales de espesor y longitud.
- La forma y dimensión de las juntas machihembradas;
- La forma y tamaño de la junta de empalme de la viga de atado;
- El tipo de tratamiento protector y el método de aplicación del mismo.

Principalmente se revisará cualquier tipo de imperfección, excesos o defectos en las dimensiones y rectitud en sus direcciones.

Las tablestacas se almacenaran sobre una superficie lisa sin estar en contacto con el terreno. Se sujetaran entre si con grapas (las maderas tropicales), una sobre otra para así evitar pérdida de humedad, alabeo, abarquillamiento y agrietamiento. Las coníferas se apilaran con separadores entre los distintos elementos.
Se recomienda dejar las grapas intactas tanto como sea posible y protegerlas de la radiación directa del sol.

Cualquier tablestaca debe estar correctamente etiquetada, indicando cual va a ser su uso posterior.

Las tablestacas de madera se unen por juntas de tipo machihembrado de forma trapezoidal (lo más habitual), o de forma rectangular.

Las tablestacas de madera son solamente utilizadas en estructuras de contención de altura limitada.

La hinca se realiza normalmente con equipo ligero. Si se usa una maza de caída libre la altura de caída no debe ser superior a 2,5 m.

Cuando se use un vibrador, los paneles con diversas tablestacas se hincarán como unidades.

Para mantener la tablestaca en la posición correcta se debe utilizar una estructura de guía.

FORMA Y DIMENSIONES.

Los perfiles y peso de las tablestacas serán los que figuren en Proyecto, admitiéndose, para su longitud, unas tolerancias de veinte centímetros en exceso y de cinco centímetros en defecto.

El corte de las tablestacas a su longitud debida se efectuará por medio de sierra o soplete.

EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCION DE LAS OBRAS

La hinca de las tablestacas podrá efectuarse por medio de mazas de golpeo (lentas o rápidas, de simple o doble efecto), a presión o mediante aparatos vibradores adecuados según el método de trabajo elegido.

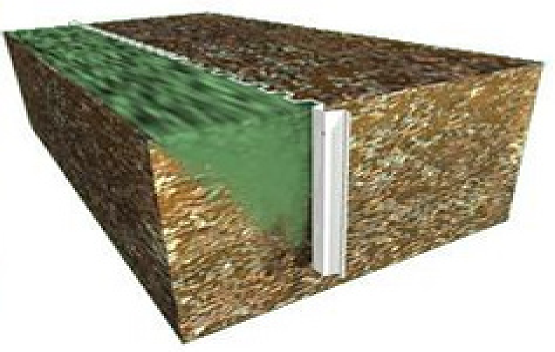
En el caso de mazas de simple efecto, el peso de la maza propiamente dicha no será inferior a 1/4 del peso de la tablestaca si se hincan las tablestacas de una en una, o ½ del peso de la misma si se hincan por parejas. La energía cinética desarrollada en cada golpe, por las mazas de doble efecto, será superior a la producida, también en cada golpe, por la de simple efecto especificada, cayendo desde una altura de 60 cm.

Las mazas deberán ser guiadas en todo su recorrido por un dispositivo de guía aprobado por el Director de las Obras.

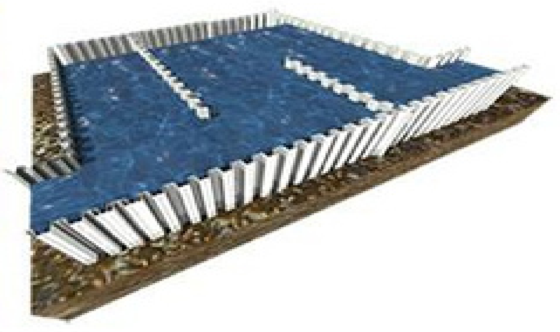
1.4. Detalles constructivos más representativos.

A continuación se incluyen varias posibilidades de trabajos de tablestacados.

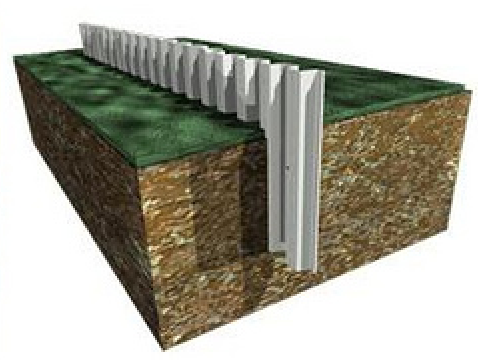
Cimentaciones

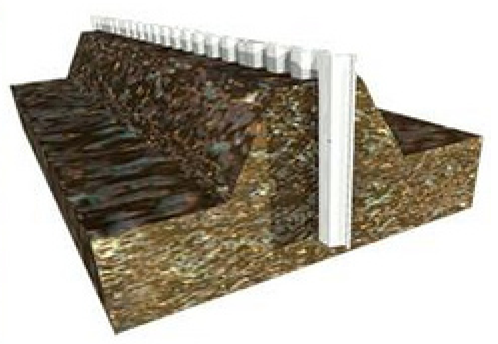
Muros Deflectores

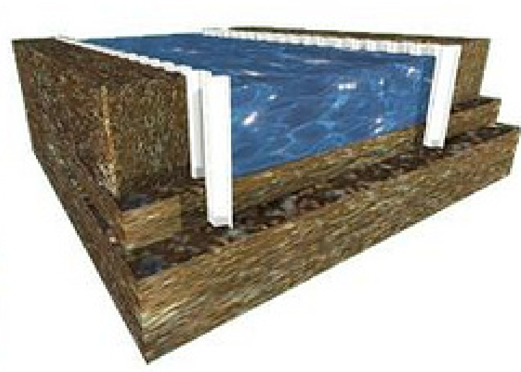
Protección Fluviales

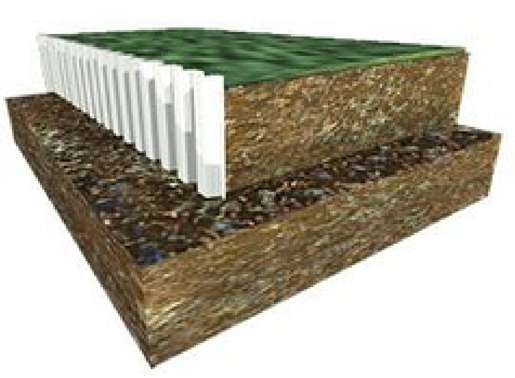
Diques

Proteccion de Riberas

Muros de Contención e Retención

1.5. Condiciones constructivas.

Las pantallas de tablestacas se han establecido como una solución eficaz y segura para la realización de excavaciones en un amplio rango de suelos.

Las pantallas de tablestacas constituyen una estructura de contención flexible, definitiva o temporal (recuperable), que permiten realizar excavaciones de cualquier tipología: talud, zanja, pozo, sótano, etc.

Es un sistema adaptable a cualquier forma o dimensión, según la modulación de las tablestacas.

Es un elemento de contención muy eficaz cuando la presencia de nivel freático puede afectar a sus excavaciones.

El uso de las pantallas de tablestacas ofrece ventajas frente a otros sistemas de contención tradicionales (como por ejemplo, los muros pantalla), tales como el aumento de los rendimientos en la ejecución de su obra y un mejor acabado de los elementos hormigonados (por ejemplo, acabado superficial y ejecución de una correcta impermeabilización en muros de sótano).

Existe la posibilidad de utilizar el tablestacado como encofrado, ahorrando así un 50 % del presupuesto previsto en este concepto.



Vista general trabajo con tablestacas.

2. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL.

Como en cada uno de los tipos de cimentación que estamos estudiando, para completar un estudio que ayude a una mejor ejecución de cada trabajo, se hace necesario empezar a estudiar cada trabajo mucho antes de que este realmente sea iniciado.
Por ello, debemos diferenciar 2 tipos básicos de procedimientos de control de los trabajos:

- Procedimiento de Control de Proyecto, donde, resumiendo mucho, se revisará la documentación previa existente (proyecto, estudio geotécnico, informes, etc) para, saber qué es lo que vamos a hacer y de qué forma, y detectar errores, incongruencias o falta de información antes de que nos sea necesaria.

- Procedimiento de Control de Ejecución, en el que comprobaremos que la obra se está ejecutando conforme a proyecto y conforme a las directrices de la normativa que le sea de aplicación. Para finalizar comprobaremos que lo ejecutado cumple con los cánones de calidad que le son exigibles mediante los pertinentes ensayos.

Estos apartados serán desarrollados en el punto 8. ANEXOS.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO.

3.1. Introducción.

Un tablestacado se define como una pantalla de tablestacas que forman un muro continuo.
En las tablestacas de acero, las más usuales, la continuidad viene dada por la junta de las juntas, encaje de los surcos longitudinales o mediante ciertos conectores especiales y en las tablestacas de madera mediante caja y espiga.

3.2. Tareas previas.

Antes de la realización de los trabajos debemos disponer de una serie de información que nos ayudará en todo el proceso constructivo y su supervisión.

- Planos de ubicación de la obra, incluyendo carreteras de acceso y posibles impedimentos.
- Nivel y posición de puntos fijos de referencia dentro o cerca de la obra;
- Limitaciones que afecten al acceso del equipo y los materiales.
- Localización de las instalaciones de electricidad, teléfono, tuberías de agua y gas y alcantarillas.
- Datos geotécnicos del lugar de la obra.
- Composición y estratificación del terreno y sus cambios a lo largo y ancho del lugar de la obra.
- Resistencia y deformación de las capas de suelo y de roca.
- Posible presencia de piedras y cantos rodados en el terreno.
- Posibilidad de suelos cohesivos que se adhieran a las tablestacas durante su extracción.
- Datos hidrogeológicos de la zona en que se encuentra el lugar de la obra.
- Especificaciones de los tablestacados, incluyendo todos los detalles tales como tipo, perfil, grado, sistemas de protección y preservación y también si se requiere algún tipo de fijación en las juntas para garantizar la transmisión de los esfuerzos cortantes longitudinales.
- Presencia de edificios y/o instalaciones sensibles en la proximidad del lugar de la obra.
- Restricciones en cuanto a ruido y vibraciones.
- Restricciones en cuanto a la permeabilidad del tablestacado al agua o a otros fluidos.

- Diferentes etapas de la ejecución del tablestacado exigidas por el cálculo.
- En el caso de estructuras frente al mar, los niveles alcanzados por el agua y sus fluctuaciones (amplitud, frecuencia y causa de las fluctuaciones.
- Datos relacionados con la posible contaminación del suelo.
- Una lista de puntos específicos identificados que necesitan ser investigados.

3.3. Proceso constructivo.

El manejo y almacenamiento de las tablestacas se realizará de tal manera que garantice la seguridad de las personas e instalaciones. Deberá asegurarse asimismo que no se provoquen daños significativos en la geometría, elementos de unión o revestimiento de las tablestacas.

Las tablestacas de dimensiones o características diferentes deberán almacenarse de forma separada e identificarse adecuadamente.

Para definir la forma de almacenamiento, número de tablestacas por apilamiento y disposición de los soportes se tendrá en cuenta la longitud y rigidez de éstas, con el fin de evitar que se produzcan daños en las mismas. En los almacenamientos de tablestacas con tratamientos superficiales, se dispondrán separadores entre cada tablestaca.

Cualquier variación en las características de las tablestacas definidas en Proyecto (variación de longitud, aumento de resistencia, etc.), deberá ser aprobada por el Director de las Obras.

Se dispondrán guías para las tablestacas, que pueden consistir en una doble fila de tablones, o piezas de madera de mayor sección, colocados a poca altura del suelo, de forma que el eje de hueco intermedio coincida con el de la pantalla de tablestacas a construir. Esta doble fila de tablones estará sólidamente sujeta y apuntalada al terreno, y la distancia entre sus caras interiores no excederá del espesor de la pared de tablestacas en más de 2 cm.

Las cabezas de las tablestacas hincadas por percusión deberán estar protegidas por medio de sombreretes o sufrideras adecuados, para evitar su deformación por los golpes. En su parte inferior, las ranuras de las pestañas de unión de unas tablestacas con otras se protegerán, en lo posible, de la

introducción de terreno en la misma (lo que dificultaría el enhebrado de las tablestacas que se hinquen a continuación), tapando el extremo de la mencionada ranura con un roblón, clavo, tornillo, o cualquier pieza análoga alojada, pero no ajustada en dicho extremo de forma que permanezca en su sitio durante la hinca, pero que pueda ser fácilmente expulsada por otra tablestaca que se enhebre en la ranura y llegue a mayor profundidad. Salvo especificación del Proyecto o, en su defecto del Director de las Obras, no se tomará ninguna precaución especial para asegurar la estanqueidad de las juntas.

La hinca de las tablestacas se continuará hasta alcanzar la penetración mínima en terreno firme estipulada en Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras.

Terminada la hinca, se cortarán, si es preciso, las tablestacas, de manera que sus cabezas queden alineadas según el perfil definido en Proyecto, y se construirá, si procede, una viga de arriostramiento.

Los empalmes de tablestacas se efectuarán con trozos de longitud apropiada, que se unirán por soldadura, de forma que el ángulo de las dos partes soldadas no sea superior a 3º, en cualquier dirección.

Las ayudas a la hinca, tales como lanza de agua, preperforación o lubrificación de juntas, serán utilizadas únicamente con el consentimiento por escrito del Director de las Obras.

Tolerancias.

Salvo especificación en contra del Proyecto, la posición y verticalidad de las pantallas de tablestacas, una vez colocadas deberá cumplir las tolerancias definidas a continuación:

TIPO DE PANTALLA	DESCRIPCIÓN	POSICIÓN DE LA CABEZA DE LA TABLESTACA MM	VERTICALIDAD (2) DEL METRO SUPERIOR EN TODAS DIRECCIONES. PORCENTAJE
PANTALLA DE TABLESTACAS (6)	EN TIERRA	75 (1)	1,0 (3)
PANTALLA DE TABLESTACAS (6)	SOBRE AGUA	100 (1)	1,5(3)
PANTALLA COMBINADA (7)		20 (4)(5)	0,5 (5)

(1) Perpendicular a la pantalla.
(2) Si la dirección del eje de las tablestacas definida en el Proyecto difiere de la vertical, las tolerancias especificadas en la tabla deberán tomarse con relación a esa dirección.
(3) En suelos difíciles se considerará el límite del 2%, salvo especificación en contra del Proyecto.
(4) En todas las direcciones horizontales.
(5) El Proyecto o el Director de las Obras podrán modificar estos valores, en cada caso, dependiendo de la longitud, tipo y número de los elementos de tablestaca intermedios, y de las condiciones del suelo, con el fin de reducir al máximo el riesgo de desenhebrado.
(6) Excluidas las tablestacas planas.
(7) En tierra y sobre agua.

Si la cota del pie de las tablestacas o pilotes primarios difiere, una vez hincados, en más de 250 mm de la especificada en Proyecto, deberá informarse al Director de las Obras y se estará a lo que éste determine.

Si las cabezas de las tablestacas difieren, una vez hincadas, en más de 50 mm del nivel especificado en Proyecto, las tablestacas deben cortarse al nivel adecuado, con una precisión de 20 mm.

Los sistemas de medida utilizados para controlar la posición e inclinación de las tablestacas deben estar en concordancia con la precisión buscada en cada caso y ser aprobados por el Director de las Obras.

3.4 Aspectos a tener en cuenta.

Si el Proyecto plantea condicionantes estrictos en relación con la impermeabilidad de las tablestacas, previamente a su ejecución deberá presentarse al Director de las Obras, para su aprobación, un informe con una descripción detallada de todas las actividades, materiales y procedimientos y ensayos previstos, a efectos de garantizar la misma.

Si existen estructuras o instalaciones sensibles en el entorno de la obra, debe verificarse mediante pruebas de hinca o por experiencias previas, la seguridad de éstas.

4. LISTAS DE COMPROBACIÓN.

Se realizará cada una de las siguientes verificaciones, según se detalla cada apartado en los anexos

1. Control de recepción de materiales certificados
   - 1.1. Suministro.
   - 1.2. Distintivos de calidad.
   - 1.3. Ensayos.
2. Control de recepción de materiales no certificados.
   - 2.1. Suministro.
   - 2.2. Ensayos.
3. Control de ejecución.
   - 3.1. Replanteo y geometría.
   - 3.2. Materiales.
     - 3.2.1. Hormigón fabricado en central.
     - 3.2.2. Hormigón fabricado en obra.
     - 3.2.3. Barras de acero.
   - 3.3. Verificaciones previas.
     - 3.3.1. Excavaciones.
     - 3.3.2. Cimientos.
   - 3.4. Colocación y ejecución.
     - 3.4.1. Excavaciones.
     - 3.4.2. Armados para hormigón.
       - 3.4.2.1. Sujeción.
       - 3.4.2.2. Empalme para hormigón.
       - 3.4.2.3. Separadores.
       - 3.4.2.4. Cortado.
     - 3.4.3. Encofrados y desencofrados.
       - 3.4.3.1. Diseño.
       - 3.4.3.2. Puesta en obra de los encofrados.
       - 3.4.3.3. Material.
     - 3.4.4. Hormigonado.
       - 3.4.4.1. Condiciones encofrados.
     - 3.4.5. Uniones elementos.
       - 3.4.5.1. Genérico.
       - 3.4.5.2. Hormigón / Hormigón.
       - 3.4.5.3. Hormigón / Perfiles metálicos.
       - 3.4.5.4. Hormigón / Cerámica.
       - 3.4.5.5. Hormigón / Bloque.
       - 3.4.5.6. Hormigón / Madera.
4. Control de la obra acabada.
5. Verificaciones posteriores.
6. Estructura de hormigón.

7.2. INYECCIÓN.

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.



Inyecciones.

1.1. Concepto y descripción de unidades más frecuentes.

Ámbito de aplicación.

Las inyecciones consisten en un conjunto de operaciones necesarias para rellenar huecos o fisuras no accesibles en el terreno. Su objeto fundamental es mejorar las características mecánicas del suelo (incremento de resistencia, disminución de la deformabilidad, etc.) así como la disminución de la permeabilidad. El fluido de inyección es variable, pudiendo ser exclusivamente químico (resinas y mezclas). Las presiones en las inyecciones convencionales no suelen sobrepasar los 50 bar.

Aplicaciones.

- Pantallas de contención de excavaciones.
- Refuerzo de cimentaciones.
- Cimentaciones de edificios o estructuras.
- Paraguas para el emboquillado de túneles.
- Recalces de edificios con patologías.
- Compensaciones de subpresiones en cimentaciones.

La inyección de un terreno implica la introducción en el mismo, para reducir su grado de permeabilidad y/o mejorar sus condiciones mecánicas, de una mezcla fluida que posteriormente fragua y endurece.

En el proceso se controla indirectamente la colocación a distancia de materiales bombeables mediante el ajuste de sus propiedades reológicas y de sus parámetros de colocación (presión, volumen, caudal).

Tipos de inyección:

- Impregnación: Sustitución del agua y/o gas intersticial en un medio poroso, por una lechada inyectada a una presión suficientemente baja, que asegure que no se producen desplazamientos significativos de terreno.
- Relleno de fisuras: Inyección de lechada en las fisuras, diaclasas, fracturas o discontinuidades, en general, en formaciones rocosas.
- Relleno de huecos: Consiste en la colocación de una lechada, con un alto contenido de partículas, para el relleno de grandes huecos.
- Inyección por compactación: Consiste en un método de inyección con desplazamiento del terreno, en el cual se introduce un mortero de alta fricción interna en una masa de suelo.
- Fracturación hidráulica: Consiste en la inyección del terreno mediante su fracturación por lechada, con una presión por encima de su resistencia a tracción y de su presión de confinamiento. También se denomina hidrofracturación, hidrofisuración, "hidrojacking" o "claquage".

Procesos de inyección.

- Inyección desde la boca de la perforación: Consiste en introducir la lechada desde la boca del sondeo, obturando en la parte superior.
- Inyecciones por fases descendentes: Consiste en un proceso en el cual se perfora e inyecta un tramo de terreno, reperforando e inyectando a continuación el tramo inmediato inferior. También se puede aplicar este método con la colocación de obturadores, iniciándose el proceso de inyección progresivamente hacia el fondo del sondeo.
- Inyecciones por fases ascendentes: Se trata de un proceso de inyección por tramos sucesivos, comenzando desde la parte inferior de la zona a inyectar hasta la zona superior.
- Inyección por fases repetitivas mediante tubos manguito: Se trata de un procedimiento que permite tratar repetidamente, en distintas fases, un mismo punto, sin reperforación, para lo cual se perfora un taladro

colocando en su interior un tubo, denominado "tubo manguito", que tiene una serie de agujeros periféricos, obturados exteriormente por manguitos de goma, que sirven de válvulas anti retorno, por los que sale la lechada. El espacio anular entre el tubo y el terreno se rellena constituyendo lo que se denomina "gaine", con el objetivo de conseguir una obturación longitudinal continua.

1.2. Diseño y elección del sistema.

En las inyecciones de impregnación se rellenan las juntas o fracturas de la roca o los huecos del suelo sin romper su estructura. Más específicamente, este término se refiere a la sustitución del agua de los huecos por un material fluido inyectado a baja presión en orden a impedir la fracturación del terreno.

Las inyecciones de relleno de huecos o de contacto se emplean para el relleno de cavidades existentes entre la estructura y el terreno, tales como las inyecciones de contacto en el trasdós de los revestimientos de túneles o las originadas por circulación de agua bajo pavimentos de hormigón o en el trasdós de muros.

En las inyecciones de desplazamiento el material de inyección se introduce a una presión suficiente para provocar el movimiento del terreno en su contorno. A este tipo corresponden las inyecciones de compactación y las de fracturación o rotura ("clacquage").
En las inyecciones de compactación se introduce a presiones elevadas (40 kp/cm^2) un mortero muy seco (25 a 50 mm de cono de Abrams) en suelos granulares flojos, formando bulbos inyectados que desplazan y densifican el suelo colindante, pero sin penetrar en sus huecos.

Las inyecciones de fracturación pueden emplearse cuando la permeabilidad del terreno no permite colmatar sus huecos mediante inyecciones de impregnación. En este procedimiento la lechada se inyecta a tal presión que provoca la formación de fisuras en el terreno mediante hidrofracturación. La lechada penetra entonces por las vías así establecidas, rigidizando la estructura del suelo.



Procedimientos de inyección.

1.3. Elementos constitutivos comunes.

Requisitos generales.

Se debe comprobar la compatibilidad de todos los componentes de la lechada. Asimismo se deberá evaluar la interacción entre la lechada y el terreno a tratar. Una vez aprobados los materiales a utilizar no deberán modificarse, salvo autorización del Director de las Obras, previa realización de ensayos de conformidad.

Materiales de inyección.

- Conglomerantes hidráulicos.
  Los conglomerantes hidráulicos incluyen los cementos y productos similares que se emplean suspendidos en el agua para la preparación de las lechadas.
  En la selección del conglomerante hidráulico para la lechada se deberá considerar su granulometría en relación a las dimensiones de las fisuras o huecos existentes en el terreno a tratar.
  Se podrán utilizar todos los tipos de cemento que sean compatibles con la lechada y el terreno a tratar y cumplan con las prescripciones de la vigente Instrucción para la Recepción de Cementos.

El cemento a utilizar se almacenará en lugar seco, ventilado y protegido de la humedad e intemperie.

- Materiales arcillosos.

  Podrán utilizarse materiales arcillosos en las lechadas hechas a base de cemento, con el fin de reducir la sedimentación, y variar la viscosidad y la cohesión de la lechada, consiguiéndose, además, una mejora de la bombeabilidad.

  Se podrán utilizar arcillas naturales de carácter eminentemente plástico y estructura laminar, siendo conveniente el empleo de arcillas de tipo bentonítico, activadas o modificadas, por su mejor calidad en cuanto al efecto superficie de sus partículas, así como por la mayor regularidad de sus propiedades.

  En todo caso deberá conocerse la mineralogía, granulometría, humedad y límite líquido del material arcilloso que se utilice.

- Arenas y fílleres.

  Las arenas y los fílleres podrán emplearse en las lechadas de cemento y en las suspensiones de arcilla como aditivos de masa o bien como productos para variar la consistencia de la lechada, mejorar su comportamiento frente a la acción del agua, su resistencia mecánica y su deformabilidad.

  En general podrán utilizarse arenas naturales o gravas, fílleres calcáreos o silíceos, puzolanas y cenizas volantes siempre que se asegure que no contienen elementos perjudiciales.

- Agua.

  El agua deberá ser compatible con el cemento a emplear, debiendo realizarse ensayos del agua obtenida «in situ», para determinar el contenido de cloruros según UNE 7178, sulfatos según UNE 7131 y materia orgánica según UNE 7235 antes de su aprobación.

- Productos químicos.

  Se podrán utilizar productos químicos tales como los silicatos y sus reactivos, resinas acrílicas y epoxi, materiales hechos a base de lignina y poliuretanos, siempre que cumplan la legislación ambiental vigente.

  Se deberá considerar, a la hora de evaluar su utilización, el conjunto de reacciones que puedan producirse tanto entre los productos empleados y sus derivados, como con otros componentes de la lechada y con el suelo existente.

  Los aditivos son productos orgánicos e inorgánicos que se añaden, en general en cantidades reducidas, a la lechada con el objetivo de

modificar sus propiedades y controlar sus parámetros, tales como viscosidad, tiempo de fraguado y estabilidad, durante el proceso de inyección, además de la resistencia, cohesión y permeabilidad una vez colocada la lechada. Como aditivos se podrán utilizar, entre otros, superplastificantes, productos para retener agua y productos para arrastrar aire.

Lechadas.

Se denomina lechada a un material bombeable que se inyecta en el terreno modificando las características físicas del medio.

Las lechadas se clasifican como:

-Suspensiones:

Son las lechadas que contienen agua y productos sólidos no disueltos, pudiendo incluir también aditivos. En las suspensiones se debe tener en cuenta la tendencia que presentan los sólidos en suspensión a sedimentar (por efecto de la acción de la gravedad), y a perder agua bajo presión, lo que deberá ser considerado con relación a la naturaleza y propiedades de los materiales existentes. A estos efectos se considerará que una suspensión es estable si cuando se coloca un litro en un cilindro graduado, al cabo de cuatro horas, el volumen superior de agua clara que sobrenada es inferior al cuatro por ciento del volumen total.

-Disoluciones:

Las disoluciones que se emplean como lechadas se caracterizan por la ausencia de partículas sólidas, al disolverse los componentes químicos en el agua.

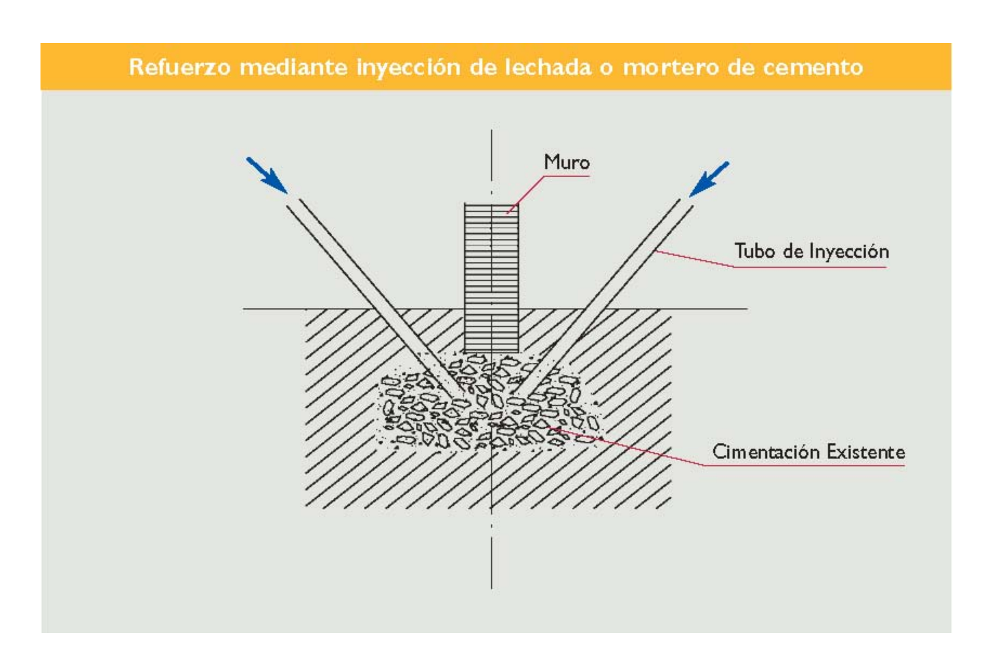


Herramientas de inyección.

1.4. Detalles constructivos más representativos.

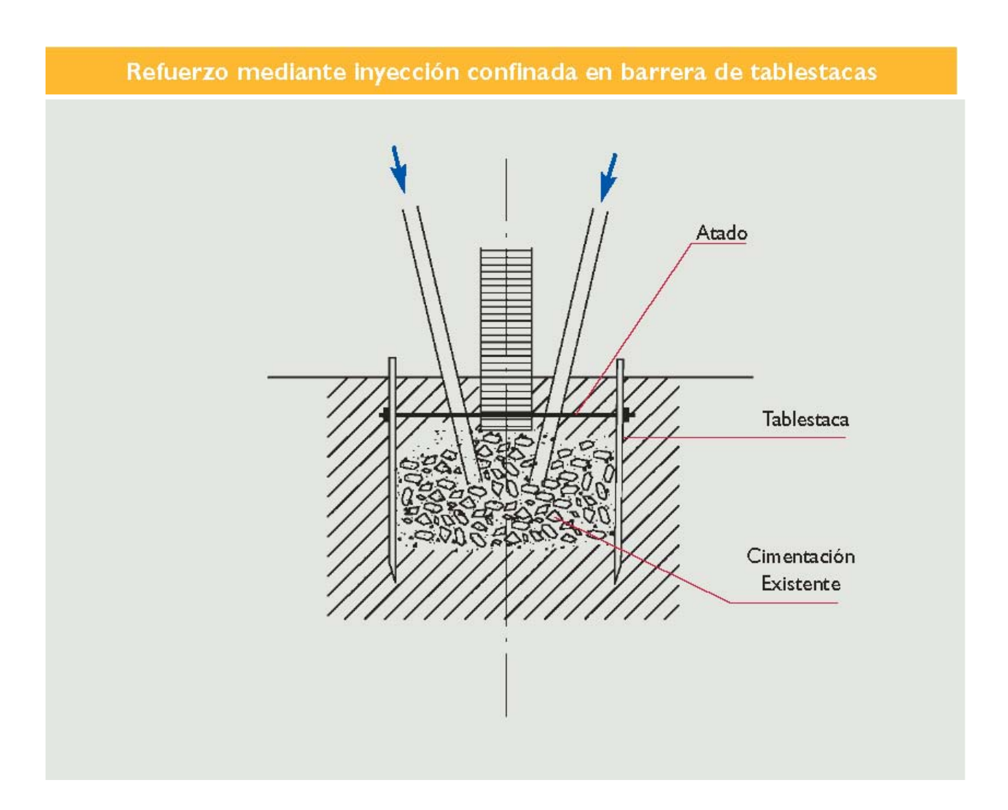
A continuación se incluyen varias posibilidades de trabajos de inyección, explicándolos brevemente para una mejor comprensión. Dentro de estos detalles se observan otros procedimientos geotécnicos que aparecen estudiados con más detenimiento en otros puntos del presente documento.

- Refuerzo mediante inyección de lechada o mortero de cemento.



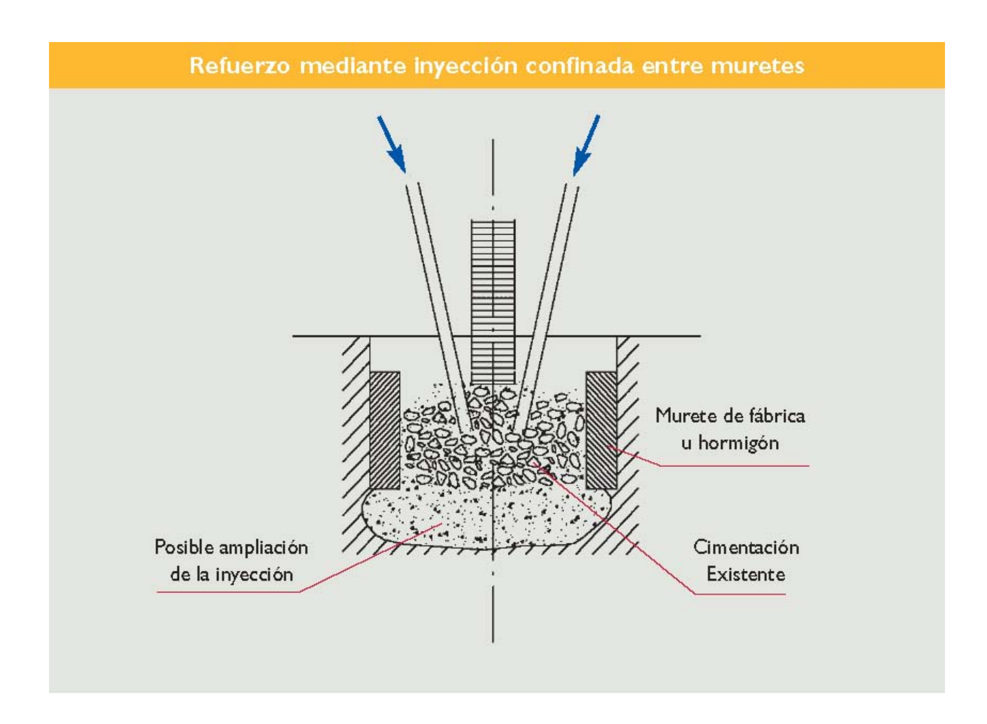
Al ser el detalle tipo y la forma básica de ejecución de los trabajos de inyección, los detalles referentes al mismo se encuentran detallados en el punto siguiente (condiciones constructivas).

- Refuerzo mediante inyección confinada en barrera de tablestacas.



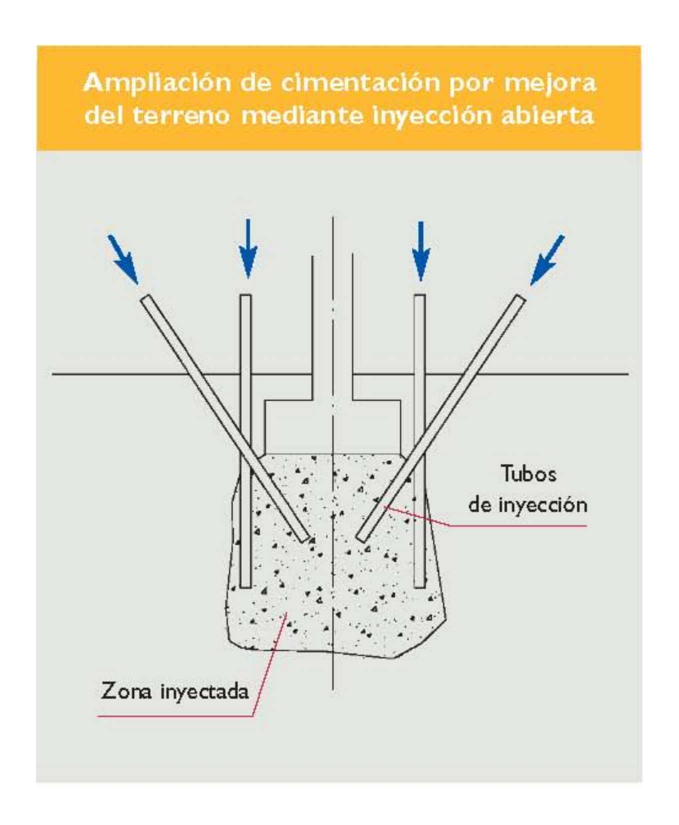
En macizos de mayor envergadura y responsabilidad, normalmente en zapatas aisladas, es solución efectiva, aunque cara, la hinca de tablestacas que rodean el cimiento para evitar el escape lateral de la inyección, cuando el terreno es altamente permeable a la misma. De esta manera, con un control del volumen del fluido inyectado, quedará asegurado el refuerzo del macizo. Esta solución evita excavaciones y las tablestacas pueden ser recuperadas en la mayoría de los casos.

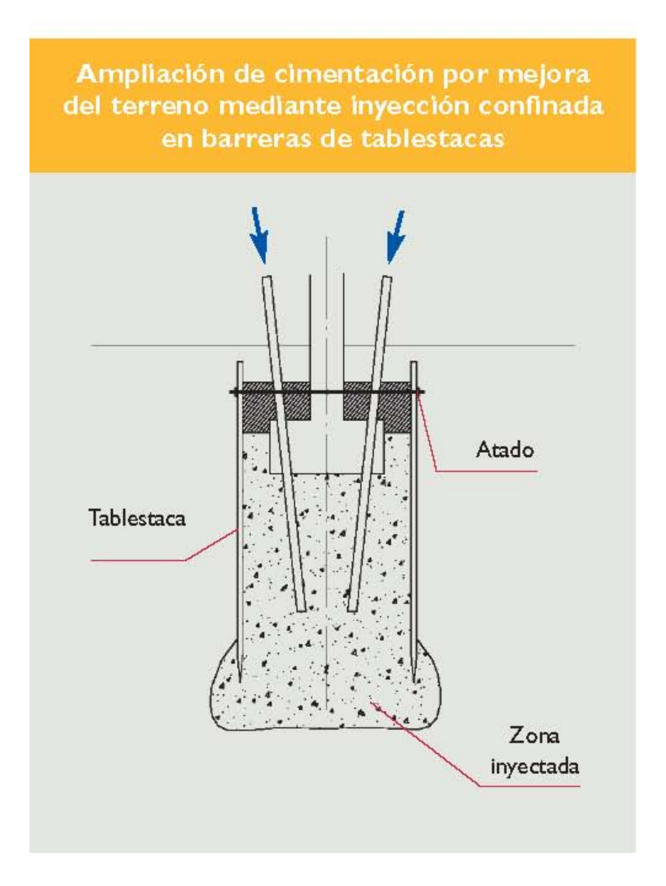
- Refuerzo mediante inyección confinada entre muretes.



También se puede atajar el escape lateral de la inyección mediante la construcción previa de muretes de fábrica de ladrillo o de hormigón. La solución es efectiva y necesita menos medios que la de tablestacas, pero tiene el inconveniente de la necesidad de excavar previamente los laterales del macizo para la construcción de los muros, operación que tiene el peligro de desmoronamiento del macizo degradado, con el peligro que este accidente conlleva. La figura muestra también la inyección del terreno por debajo del macizo, aplicable también a los casos anteriores, solución siempre conveniente, aunque no sea necesaria la ampliación del área de apoyo.

- Ampliación de la cimentación mejorando el terreno





Este método consiste en convertir el terreno existente debajo del cimiento en un material más resistente y de mayor dimensión en planta, con lo que se consigue interponer entre el cimiento y el terreno un elemento estructural que aguante la presión de la cimentación existente y la reparta en un área mayor. Se trata pues de mejorar el terreno bajo el cimiento, lo que se puede conseguir actuando desde el exterior mediante la inyección a presión de fluidos que se esparcen por un determinado entorno y que posteriormente fraguan formando con el suelo un material más compacto y resistente.

1.5. Condiciones constructivas.

La inyección a presión de lechada o mortero de cemento puede ser una buena solución para mejorar cimentaciones de baja calidad. La inyección necesita espacios comunicados para poder progresar, por lo que sólo es posible en macizos de cimentación, frecuentes en edificios antiguos, constituidos por mampostería en seco, gravas o incluso cascote, que como mucho puedan tener un aglomerante muy bajo en dosificación y, en consecuencia, degradado. Algunos hormigones excesivamente pobres y de mala granulometría pueden estar también degradados y son en realidad un árido con profusión de huecos, apto también para la inyección.

La inyección consiste en rellenar con lechada o mortero de cemento, mediante la presión proporcionada por un compresor, los huecos existentes en la cimentación, la cual, junto con el material que lo constituye, formará al fraguar un hormigón de mayor resistencia, suficiente para la función encomendada.

Tiene la inyección la ventaja de que la puesta en carga está asegurada en la misma operación. El mayor inconveniente estriba en la incertidumbre, al tratarse de una operación ciega, de que no haya sido correctamente inyectada toda la masa, por lo que habrá que llegar, en caso de duda, a la extracción de testigos convenientemente situados para la comprobación de este extremo.

Esta técnica de refuerzo necesita, no sólo un cuidadoso reconocimiento del cimiento, sino también del terreno que lo rodea, ya que si éste es permeable a la inyección, puede ésta perderse en zonas innecesarias y no producirse donde interesa. Para evitar este accidente, la inyección debe empezarse por el fondo y contorno, esperar su fraguado para conseguir una franja impermeable y terminar después la operación de abajo a arriba, controlándose debidamente el volumen de lechada consumida. Por todo ello la inyección debe ser realizada por casa especializada, con operarios expertos en esta técnica.

Para que la penetrabilidad de la inyección sea posible, es necesaria la presencia de huecos en el suelo, como ocurre en las gravas y arenas por ejemplo.

El fluido más empleado en la inyección es la lechada de cemento con dosificación de cemento y presión de inyección variables según el tipo de trabajo y constitución del terreno. Es normal aplicar presiones distintas en un mismo macizo, mayor en la parte profunda, menor cerca de la superficie y en el perímetro. La efectividad de la inyección nunca está totalmente asegurada, ya que ésta puede concentrarse en zonas de mayor permeabilidad no previstas y faltar allí donde es imprescindible. Bien es verdad que al terreno inyectado no se le puede pedir una gran capacidad portante, que tampoco necesita. No obstante, la intervención de una empresa especializada y con gran experiencia en este tipo de trabajos ayudará mucho al éxito de la operación.

Solución cara, pero a veces necesaria, es la inyección confinada, para asegurar, en terrenos pocos fiables en cuanto a su homogeneidad, el relleno con lechada del espacio previsto sin pérdidas.

También se puede realizar la inyección con mortero de cemento, pero este fluido tiene un empleo mucho más restringido, ya que su penetrabilidad es mucho menor y necesita por consiguiente una presión de inyección mucho más alta, por lo que es normal que la inyección desplace el terreno en vez de rellenarlo. Aquí está precisamente su aplicación más generalizada: la compactación de suelos con la aplicación de una presión elevada.

Por último, el empleo de la llamada inyección química suele llevarse a cabo en raras ocasiones para casos puntuales de suelos de escasa penetrabilidad o de recalces provisionales que actúan a modo de apuntalamiento. Es un fluido mucho más caro que los anteriormente mencionados y consiste en la utilización de un gel de sílice obtenido mediante la inyección, primero de silicato sódico y a continuación de cloruro cálcico. Este gel alcanza rápidamente una resistencia de 2 a 5 Kp/cm2, si bien requiere también una ejecución cuidadosa y especializada.

Recordemos también que la inyección del terreno lleva incluida en la ejecución la puesta en carga del nuevo macizo, particularidad que supone la mayor ventaja de estos métodos, empleándose por este motivo en algunas ocasiones para corrección de asientos.

2. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL.

Como en cada uno de los tipos de cimentación que estamos estudiando, para completar un estudio que ayude a una mejor ejecución de cada trabajo, se hace necesario empezar a estudiar cada trabajo mucho antes de que este realmente sea iniciado.

Por ello, debemos diferenciar 2 tipos básicos de procedimientos de control de los trabajos:

- Procedimiento de Control de Proyecto, donde, resumiendo mucho, se revisará la documentación previa existente (proyecto, estudio geotécnico, informes, etc) para, saber qué es lo que vamos a hacer y de qué forma, y detectar errores, incongruencias o falta de información antes de que nos sea necesaria.

- Procedimiento de Control de Ejecución, en el que comprobaremos que la obra se está ejecutando conforme a proyecto y conforme a las directrices de la normativa que le sea de aplicación. Para finalizar comprobaremos que lo ejecutado cumple con los cánones de calidad que le son exigibles mediante los pertinentes ensayos.

Estos apartados serán desarrollados en el punto 8. ANEXOS.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO.

3.1. Introducción.

Como ya hemos visto anteriormente, las inyecciones se utilizan para el relleno de zonas (fisuras, grietas, etc.) no accesibles y siendo algunas de sus aplicaciones, las siguientes:

Aplicaciones apropiadas:

- Sellado de corrientes de agua subterráneas
- Reforzamiento de los cimientos en edificaciones.
- Reforzamiento e impermeabilización de paredes y techos de túneles.
- Estabilización de suelos en carreteras y autopistas.
- Impermeabilización de suelos porosos, arenosos y bajos en consolidación.

Entre sus principales ventajas encontramos:

Ventajas:

- Poder penetrante: el tamaño de partícula ultrafino permite que la lechada penetre las arenas finas y la roca finamente agrietada.
- Alta resistencia: los granos ultrafinos son químicamente activados así que el curado proporciona una alta resistencia.



Maquinaría preparación lechada.

3.2. Tareas previas.

Se determina el tipo de inyección a realizar y el proceso de inyección elegido según las determinaciones de proyecto, director de obra y visualización "in situ" de los trabajos a realizar.
Se localiza y marca claramente la zona donde es necesaria la inyección.



Marcado puntos de inyección.

Se sella cualquier punto que al introducir la lechada pudiera hacer que ésta se escapara por él no consiguiendo así el objetivo para el que se realiza la inyección.



Sellado para evitar perdidas.

Se determina la cantidad de perforaciones y la distancia entre las mismas, siguiendo las indicaciones de proyecto si existiese y en cualquier caso lo indicado por el director de ejecución.



Distancia entre perforaciones.

3.3. Proceso constructivo.

PERFORACION

El procedimiento de perforación elegido y de limpieza deberá asegurar la viabilidad del proceso de inyección futuro, en especial cuando se pueda incurrir en modificaciones de la permeabilidad de los puntos de inyección.

En el caso de inyección de un macizo rocoso se deberá tener en cuenta la disposición de los planos de estratificación, diaclasas y fracturas, debiéndose ajustar las perforaciones a la orientación y espaciamiento de las principales juntas abiertas.



Perforación.

Las perforaciones se realizarán de acuerdo con los ángulos, orientación y espaciamiento incluidos en el Proyecto.

No se permitirán desviaciones, con relación al eje de la perforación prevista, superiores a un tres por ciento de su longitud para profundidades de hasta veinte metros. En el caso de perforaciones más profundas la distancia entre perforaciones contiguas se deberá ajustar para tener en cuenta posibles desviaciones.

En el caso de que la inyección no se realice inmediatamente después de la perforación, se deberá proteger ésta para evitar su contaminación.

PREPARACION DE LA LECHADA

Los componentes de la lechada deberán almacenarse de tal manera que sus propiedades no se vean alteradas por los efectos de la climatología, en especial de la temperatura y de la humedad.



Preparación lechada.

Se deberá impedir la contaminación de la lechada y de sus componentes durante el almacenaje, manipulación y entrega.



Componentes de la lechada.

Cuando las lechadas contengan bentonita, ésta deberá hidratarse antes de su empleo en las mezclas.

La dosificación de los componentes de la lechada se deberá efectuar con dispositivos homologados, con tolerancias que no sobrepasen, en ningún caso, el cinco por ciento, debiendo respetarse, para valores inferiores, el nivel de tolerancia estipulado por los fabricantes.

Se deberán utilizar procesos de batido y/o mezclado automáticos.

Los equipos de mezclado deberán seleccionarse para garantizar la homogeneidad de la muestra.

Las bombas y los equipos de inyección se deberán seleccionar de acuerdo con la técnica de inyección elegida.



Mezclado de la lechada.

La presión de inyección se medirá lo más cerca posible del punto de tratamiento.

Los sistemas de inyección deberán eliminar aumentos bruscos de presión con el objetivo de impedir la iniciación no intencionada y no detectada de fracturas hidráulicas.

Las tuberías de suministro de lechada deberán ser capaces de soportar la presión máxima de bombeo con un margen suficiente de seguridad. Su diámetro deberá permitir caudales suficientemente elevados para impedir la separación de los componentes de la lechada mezclada (suspensiones).

Las tuberías de distribución para el suministro de lechadas de resina deberán ser resistentes y se limpiarán inmediatamente después de realizar la inyección.

Las suspensiones deberán agitarse hasta el momento en que se inyecte la lechada, para impedir su sedimentación.

Si se utilizan tubos manguito, el interior del tubo de inyección se deberá lavar al final de cada fase de inyección.





Inyección de la lechada.

COLOCACION Y SECUENCIAS DE LA INYECCION

El desarrollo de una obra de inyección es un proceso interactivo y continuo, que exige una supervisión "in situ".

El proceso de inyección se rige por:

• El volumen de lechada por fase.
• El caudal.
• La presión de inyección.
• La viscosidad de la lechada.





Proceso de inyección.

La elección del método de colocación de la lechada dependerá de las características del terreno, de los objetivos a conseguir con el trabajo y del tipo de lechada a emplear.

Los huecos y cavidades grandes suelen rellenarse por gravedad, bien directamente o bien mediante un tubo-tremie que alcance la base del hueco o de la cavidad.

La inyección por fases descendentes es el método clásico de inyección de rocas, en especial si se trata de macizos rocosos inestables.

La inyección por fases ascendentes se aplica en macizos rocosos estables, así como en terrenos inestables si el objetivo es una inyección de compactación.

La inyección por fases repetitivas mediante tubos manguito tiene su campo de aplicación principal en suelos y en terrenos rocosos inestables. Esta técnica permite inyectar, en diferentes fases, sin reperforación, un mismo punto de tratamiento.

Los obturadores podrán ser pasivos, mecánicos o hidráulicos y deberán tener una longitud suficiente para minimizar el riesgo de fuga de lechada de la zona tratada, debiendo garantizar, asimismo, la estanqueidad entre la pared y el tubo de inyección cuando la presión alcance su valor máximo.

La longitud máxima de tramo de tratamiento, en macizos rocosos, no deberá sobrepasar el intervalo comprendido entre cinco y diez metros, debiendo, en caso de estar la roca alterada o fisurada, ajustarse dicho intervalo.

En suelos, la longitud máxima de tramo de tratamiento no deberá ser mayor de un metro de longitud.

Cuando se sepa o sospeche que la inyección se va a realizar en presencia de aguas subterráneas con circulación, se deberán adoptar medidas que eviten una excesiva dilución o una pérdida total de lechada.



Instrumentos para la inyección.

3.4 Aspectos a tener en cuenta.

Siempre que sea posible se deberán utilizar sistemas informatizados para:

- El seguimiento de la perforación de los sondeos.
- La medición y control de la presión, del caudal y del volumen de las lechadas inyectadas en cada punto.

Las propiedades de la lechada se supervisarán mediante los ensayos de control que indique el Proyecto, o en su defecto mediante los que establezca el Director de las Obras, para asegurar, durante el transcurso de la inyección, el cumplimiento permanente de las características exigidas a la misma.

Las propiedades resistentes de las lechadas se determinarán mediante la realización de ensayos de compresión simple y/o de resistencia al corte.

Se deberá colocar la instrumentación recogida en el Proyecto, o en su defecto la que establezca el Director de las Obras, para efectuar el seguimiento de los movimientos del terreno y/o de las estructuras, con un nivel de precisión suficiente para asegurar que dichos movimientos permanecen dentro de los límites de tolerancia establecidos.

Para evaluar el grado de eficacia de las inyecciones se deberán realizar los ensayos que incluya el Proyecto, o en su defecto los que establezca el Director de las Obras, con el objetivo de poder modificar el tratamiento, conforme a las directrices que adopte el Director de las Obras, frente a cualquier anomalía.



Inyección completada.

4. LISTAS DE COMPROBACIÓN.

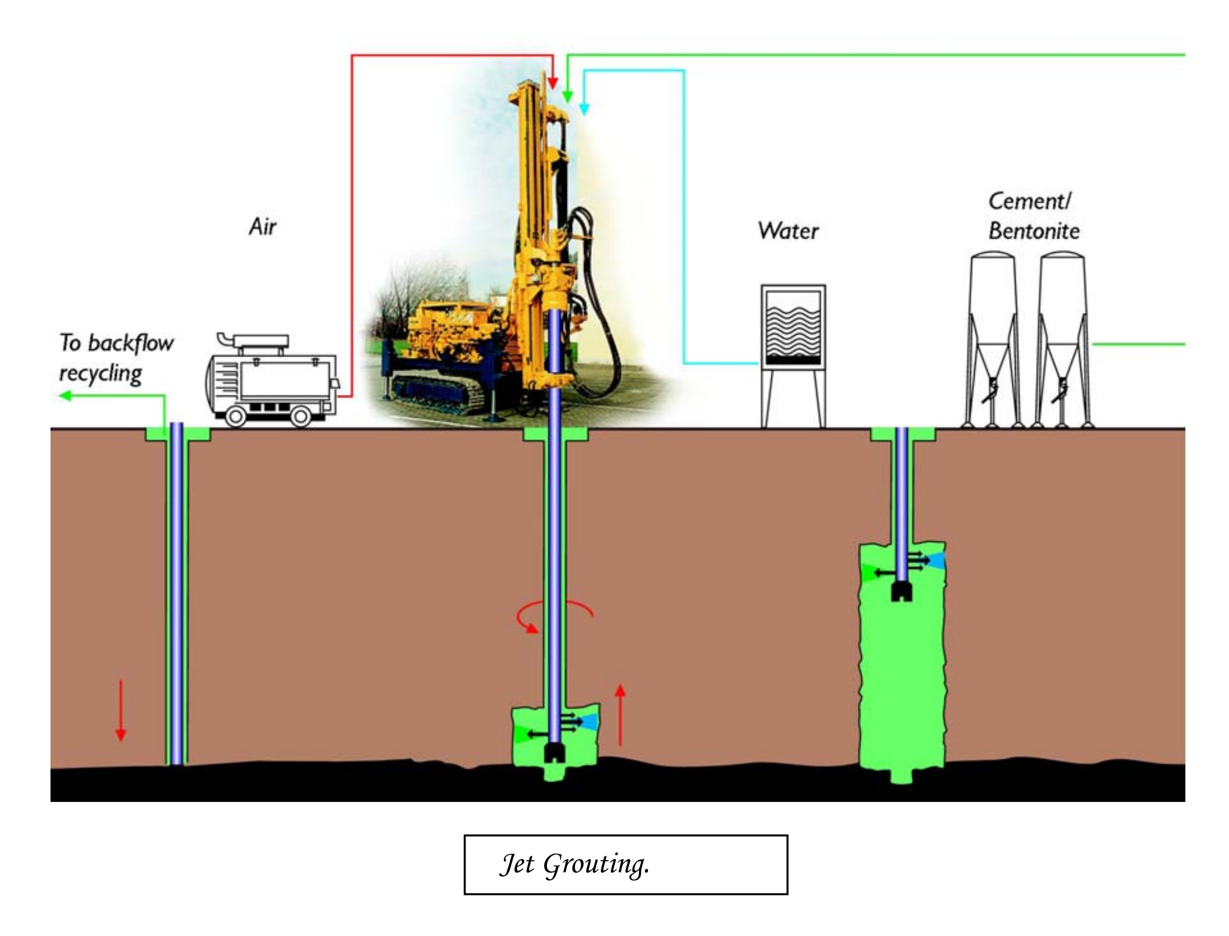
Se realizará cada una de las siguientes verificaciones, según se detalla cada apartado en los anexos

1. Control de recepción de materiales certificados
   - 1.1. Suministro.
   - 1.2. Distintivos de calidad.
   - 1.3. Ensayos.
2. Control de recepción de materiales no certificados.
   - 2.1. Suministro.
   - 2.2. Ensayos.
3. Control de ejecución.
   - 3.1. Replanteo y geometría.
   - 3.2. Materiales.
     - 3.2.1. Hormigón fabricado en central.
     - 3.2.2. Hormigón fabricado en obra.
     - 3.2.3. Barras de acero.
   - 3.3. Verificaciones previas.
     - 3.3.1. Excavaciones.
     - 3.3.2. Cimientos.
   - 3.4. Colocación y ejecución.
     - 3.4.1. Excavaciones.
     - 3.4.2. Armados para hormigón.
       - 3.4.2.1. Sujeción.
       - 3.4.2.2. Empalme para hormigón.
       - 3.4.2.3. Separadores.
       - 3.4.2.4. Cortado.
     - 3.4.3. Encofrados y desencofrados.
       - 3.4.3.1. Diseño.
       - 3.4.3.2. Puesta en obra de los encofrados.
       - 3.4.3.3. Material.
     - 3.4.4. Hormigonado.
       - 3.4.4.1. Condiciones encofrados.
     - 3.4.5. Uniones elementos.
       - 3.4.5.1. Genérico.
       - 3.4.5.2. Hormigón / Hormigón.
       - 3.4.5.3. Hormigón / Perfiles metálicos.
       - 3.4.5.4. Hormigón / Cerámica.
       - 3.4.5.5. Hormigón / Bloque.
       - 3.4.5.6. Hormigón / Madera.
4. Control de la obra acabada.
5. Verificaciones posteriores.
6. Estructura de hormigón.

7.3. JET GROUTING.

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.



Jet Grouting.

1.1. Concepto y descripción de unidades más frecuentes.

La técnica del **Jet Grouting** es un sistema de inyección que aplica presiones altas en origen, lo que se traduce en velocidades altas de salida en toberas.

Las altas velocidades de corte consiguen romper el suelo, desplazar parte de las partículas hacia fuera y mezclar el suelo restante con una lechada de cemento. El resultado final es un cuerpo sólido de suelo-cemento cuya resistencia y permeabilidad son diferentes a las del suelo original.

El tratamiento de los suelos por medio de jet grouting normalmente tiene dos objetivos esenciales, aumentar la resistencia y la capacidad portante del terreno, por un lado, y disminuir la permeabilidad, por otro. Para aumentar la resistencia se puede utilizar, cementos de alta resistencia y lechadas de menor proporción agua / cemento. Asimismo, si el objetivo es disminuir la permeabilidad del suelo, se puede añadir bentonita a la lechada de inyección.

Para la ejecución de esta actividad se requiere maquinaria y personal altamente cualificado, debido a las características particulares de esta técnica y a los riesgos que implica utilizar altas presiones y velocidades de los fluidos: agua, aire y lechada.

El proceso de Jet Grouting es conocido como una estabilización de suelo-cemento. Con la ayuda de un chorro de jet de agua o suspensión de cemento de alta presión con una velocidad de salida en la tobera, ≥ 100 m/seg, (eventualmente rodeado por aire), el suelo alrededor de la perforación es erosionado.
El suelo erosionado es reordenado y mezclado en la suspensión de cemento. la mezcla suelo-cemento es parcialmente expulsada al espacio anular entre la varilla del Jet Grouting y la perforación.

Se pueden ejecutar diferentes configuraciones geométricas de elementos de Jet Grouting. La distancia de erosión de jet varía de acuerdo con el tipo de suelo y fluidos de jet utilizados, y pueden alcanzar diámetros de hasta 5 metros.

<u>Ventajas del Jet Grouting.</u>

- Aplicable a casi todos los tipos de suelo

- Posibilidad de tratamiento particularizado in situ.

- Diseñable en su resistencia y permeabilidad.

- Tratamiento de estratos específicos.

- Sólo componentes inertes.

- Sin vibraciones.

- Puede ser ejecutado en espacios de trabajos limitados.

- Posibilidad de distintos elementos de Jet Grouting.

- Libre de mantenimiento.

- Es el método más seguro y directo de recalces.

- Habilidad para trabajar alrededor de instalaciones enterradas en servicio.

- Más veloz que métodos alternativos.



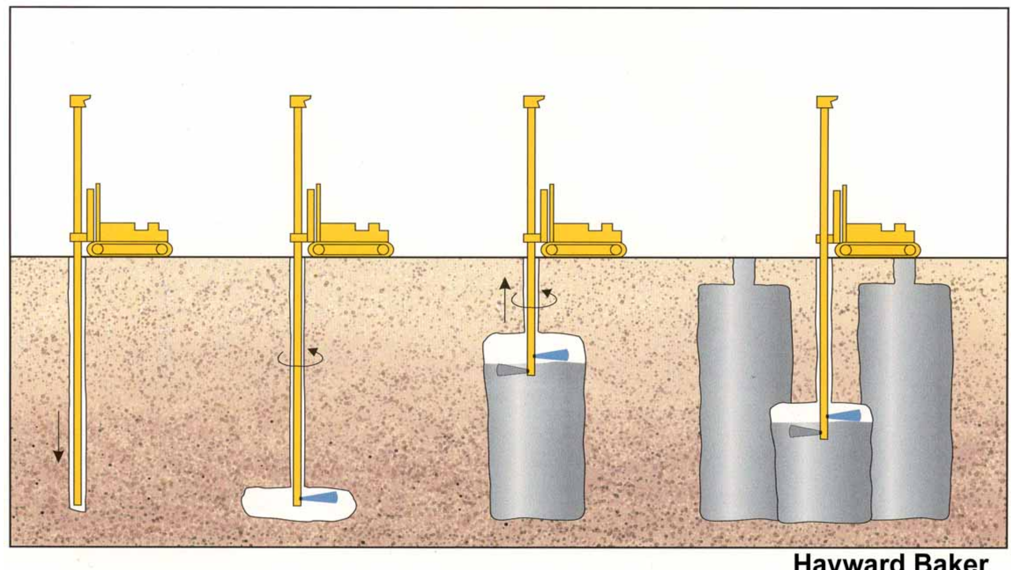
Inyección por jet grouting..

El Jet Grouting actúa en el terreno, tanto como una estabilización, tanto como una estructura de barrera hidráulica.

La resistencia a la comprensión simple del Jet Grouting varía de 2 a 25 Mpa, y es determinado por el contenido de cemento, la porción y tipo de suelo remanente en la masa.

La barrera hidráulica es alcanzada seleccionando una mezcla adecuada, y si fuera necesaria, añadiendo bentonita. El tipo y la cantidad de la mezcla de materiales inyectado, junto con el volumen de las partículas de suelo remanentes en la masa condicionan las propiedades de la barrera.

Esquema del proceso de Jet Grouting



Proceso Jet Grouting..

1.2. Diseño y elección del sistema.

Este sistema es muy buena solución cuando tenemos una cimentación superficial de baja calidad. Al disponer de cimentaciones de edificios antiguos: Mamposteria en seco, gravas , cascote, hormigones muy pobres con mala granulometría, etc… generalmente bastante degradados, suelen tener un aglomerante muy bajo en dosificación. Por lo que quedarán oquedades aptas para rellenar con nuestra inyección de lechada o mortero de cemento.

La ventaja principal es que la puesta en carga está asegurada en el mismo momento de ejecución.

El mayor incoveniente es la incertidumbre de trabajar a ciegas, sin saber durante la operación si hemos inyectado correctamente toda la masa. Será necesario realizar ensayos para verificar la inyección.

Recomendaciones:

Verificar correctamente el terreno (si es o no permeable) pues puede que estemos inyectando en zonas donde no deseamos, debido a la permeabilidad del terreno puede que la lechada se nos dirija a otra zona no deseada; para

evitar esto se recomienda realizarlas desde el fondo y el contorno, esperando al fraguado. Con esto, conseguiremos una barrera impermeable y controlada, finalizaremos la operación de abajo a arriba.

<u>Sistemas de Jet Grouting.</u>

Hay tres sistemas tradicionales de Jet Grouting. La selección del sistema más apropiado es una función del suelo a tratar, la aplicación y las propiedades necesarias para la aplicación. Sin embargo, cualquier sistema puede ser utilizado para casi todas las aplicaciones si el diseño y la ejecución son congruentes con el sistema elegido.

- Monofluido.

La inyección de lechada de cemento es bombeada por el varillaje y sale por la tobera horizontal del monitor con una alta velocidad (aprox. 200m/seg). Esta energía causa la erosión y disgregación, mezcla y desplazamiento del suelo. Este sistema se recomienda para tratamientos de mejora general, impermeabilización y bulbos de anclaje.

- Doble fluido.

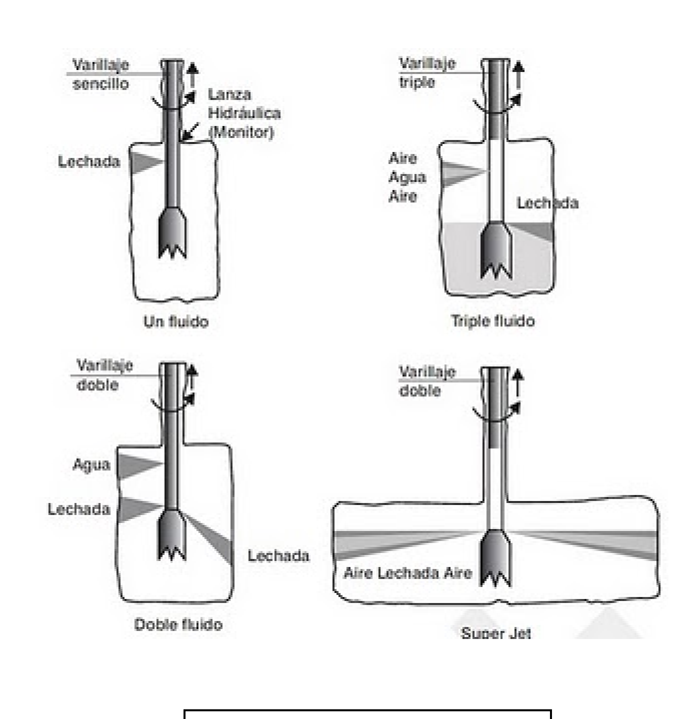
Un varillaje interno de dos fases es empleado para separar provisión de agua y lechada de cemento a dos toberas desplazadas verticalmente. La disgregación del terreno se realiza con ayuda del agua a alta presión, por la tobera superior y la inyección de relleno de lechada se realiza por la tobera inferior. El sistema doble es más efectivo que el monofluido para suelos cohesivos, de amplio uso y se recomienda especialmente para recalces.

- Triple fluido.

Lechada, aire y agua son bombeadas a través de diferentes líneas al monitor. Aire a alta velocidad y agua forman el medio erosivo. La lechada sale a una velocidad menor de una tobera separada debajo del Jet de erosión. Esto separa el proceso de erosión del proceso de inyección y logra una mejor calidad de mezcla. Se emplea en forma más eficiente en tratamientos de mejora general e impermeabilización.

- Super Jet Grouting. Doble fluido aire.

Este sistema utiliza la base de un sistema de doble fluido (aire+lechada), pero con un monitor altamente sofisticado, especialmente diseñado para gobernar y focalizar de una manera precisa la energía de la materia inyectada. La lechada es empleada para erosionar y mezclarse con el suelo. El aire envuelve el Jet de lechada para incrementar la eficacia de la erosión. Valiéndose de una baja velocidad de rotación y ascenso, se alcanzan grandes diámetros de columnas. Es eficiente para los tratamientos masivos, losas y tapones de fondo.



Sistemas de jet grouting..

1.3. Elementos constitutivos comunes.

Los materiales normalmente utilizados son mezclas de agua y cemento.

En caso de contemplarlo el Proyecto, se podrán utilizar otro tipo de conglomerantes hidráulicos.

En las mezclas de agua y cemento la relación entre ambos, salvo justificación en contra, deberá estar comprendida en el intervalo entre 0,5 y 1,5.

Se podrán utilizar aditivos para reducir el contenido de agua, o para variar la viscosidad, estabilizar o aumentar la impermeabilidad de la mezcla agua/cemento adoptada.

Además se podrán utilizar otros materiales tales como bentonita, fíller y cenizas volantes.

Si se va a emplear bentonita en la mezcla, la suspensión de agua y bentonita deberá prepararse e hidratarse totalmente antes de añadir el cemento.

El agua que se utilice deberá analizarse en caso de existir dudas de que pueda presentar efectos negativos sobre el fraguado, el endurecimiento, la durabilidad de la mezcla, y en su caso, en la armadura.

El cemento que se utilice deberá cumplir las prescripciones de la Instrucción para la Recepción de Cementos.

Si se utilizan armaduras para reforzar los elementos tratados, éstas deberán cumplir lo dispuesto en UNE 36068.

1.4. Detalles constructivos más representativos.

A continuación se incluyen varias posibilidades de trabajos por jet grouting.

Algunos ejemplos de aplicación del Jet-Grouting
1. Impermeabilización de fondos de excavación
2. Recalce de cimentaciones
3. Entibación de pozos de cimentación
4. Entibación de túneles

1.5. Condiciones constructivas.

Formas constructivas.

La forma geométrica básica del elemento de inyección por jet grouting es creada a través de los movimientos de las barras de perforación:

1. Ascenso del varillaje sin rotación resulta en paneles si se utilizan varias toberas de Jet, se pueden ejecutar paneles múltiples.

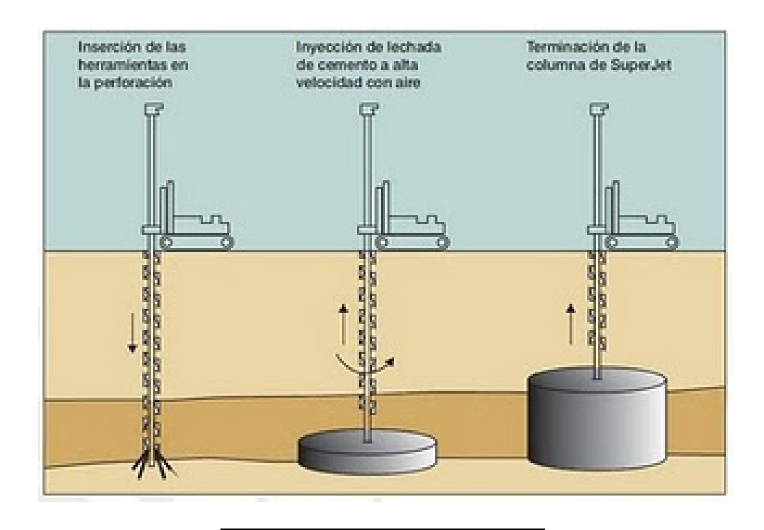
2. Ascenso y giro sobre su eje crean segmentos.

3. Ascenso y rotación crean columnas completas.

Secuencias constructivas.

Las instalaciones necesarias para los trabajos consisten en contenedores de almacenamiento, silos y una unidad de mezclado y bombeo. Varias mangueras de alta presión y cables de control conectan la unidad de bombeo con el equipo de perforación en el punto de ejecución. El mástil de equipo varía desde 2 metros hasta 35 metros.

Los puntos de perforación están normalmente ubicados en pequeñas zanjas equipadas con las bombas de lodos. Desde ahí el material de exceso, una mezcla de agua-suelo-cemento, es bombeada para posterior eliminación.



Secuencia constructiva.

Trabajos de Jet Grouting para estabilización.

- Recalce.

Recalce por medio de muros de gravedad de baja deformación, a veces también funciona simultáneamente como una barrera hidráulica.

- Restauración de cimentaciones.

Edificios históricos pueden peligrar en el evento de sufrir asientos. Con este sistema podemos dotar de cimentación segura con una máxima protección estructural.

- Refuerzo de cimentaciones.

Cambios en el destino o modificaciones de edificios, habitualmente requieren un aumento o alteración de la cimentación. La inyección de alta presión es una solución económica y flexible para esta tarea.

- Cimentación profunda.

El jet grouting es usado para nuevas cimentaciones que requieran un especial cuidado por la cercanía de estructuras históricas con cimentaciones muy sensibles.

- Protección de túneles.

La protección de túneles es principalmente ejecutada en suelos sueltos debajo o cercanos a estructuras a proteger. A veces el objetivo es reducir el ingreso de agua en la excavación del túnel.

Columnas horizontales protegen la penetración de un túnel en formaciones de suelo suelto. Se ejecutan desde el frente de avance del túnel en forma horizontal o con una pequeña inclinación.

- Soporte de pozos de ataque.

En el caso de necesitar una ejecución del pozo libre de vibraciones y/o el pozo penetre bajo el nivel freático, se construyen columnas secantes.

- Disminución de empujes.

Las estructuras expuestas a empujes del terreno, tales como muros históricos, estribos de de puentes, galerías de avalanchas, taludes o muros de puertos, pueden mejorar su comportamiento con la adición y/o conexión a un cuerpo formado por la inyección a presión.

- Refuerzo de pilote.

En caso de empotramiento insuficiente o para evitar profundidades de perforación excesivas, se puede aumentar la carga de hundimiento de un pilote, ya sea en el fuste, en la punta o ambos.

- Impermeabilizaciones.

La utilización de barreras hidráulicas y tapones reducen la permeabilidad, permiten la ejecución de excavaciones profundas sin la necesidad de deprimir el nivel freático con grandes sistemas de agotamiento con sus consiguientes riesgos.

En el fluido a inyectar se usan ligantes minerales no contaminantes del medioambiente.

- Barrera de paneles.

Las barreras hidráulicas de paneles se pueden usar bajo carreteras y edificios, para cruzar colectores y dividir excavaciones y recintos. De acuerdo con los requerimientos de sellado se construyen en paneles simples o múltiples.

- Barreras de columnas.

En caso de mayores deformaciones a las esperadas, peligro de fisuración o un alto requerimiento de sellado, se pueden formar barreras de columnas que las evitarían.

- Impermeabilización de presas.

Reparación de núcleos de presas o para agrandar o profundizar la barrera hidráulica.

- Losas o tapones de fondo.

Las losas o tapones de fondo, son ejecutadas solapando elementos de columna a una profundidad y un espesor determinado. Los tapones se pueden conectar a cualquier sistema de sellado vertical.

- Losas abovedadas.

Para excavaciones con anchos reducidos o pozos de ataque, se pueden realizar tapones que se emplean como prevención contra la presión hidrostática, reduciendo la profundidad requerida de losas, normalmente necesarias para soportar dichas presiones.

- Capa de sellado.

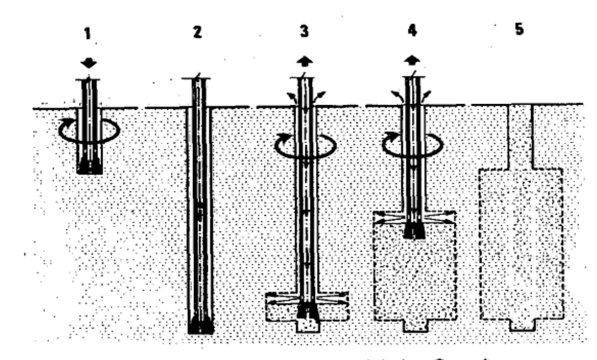
Una inyección protege de agua freática, debajo de los edificios contra las actividades de la construcción y depósitos antiguos de material tóxico.

- Sellado de juntas.

Para el sellado de juntas entre pilotes tablestacas u otras soluciones constructivas en el terreno.

- Salidas de agua.

Las barreras hidráulicas son usualmente usadas para controlar el flujo de agua de forma temporal. Para restablecer el flujo se puede emplear el jet grouting para lavar el material cementante de determinadas secciones.



Secuencia de operaciones del Jet-Grouting
1 y 2. Perforación
3 y 4. Tratamiento del terreno
5. Columna de suelo tratado

2. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL.

Como en cada uno de los tipos de cimentación que estamos estudiando, para completar un estudio que ayude a una mejor ejecución de cada trabajo, se hace necesario empezar a estudiar cada trabajo mucho antes de que este realmente sea iniciado.
Por ello, debemos diferenciar 2 tipos básicos de procedimientos de control de los trabajos:

- Procedimiento de Control de Proyecto, donde, resumiendo mucho, se revisará la documentación previa existente (proyecto, estudio geotécnico, informes, etc) para, saber qué es lo que vamos a hacer y de qué forma, y detectar errores, incongruencias o falta de información antes de que nos sea necesaria.

- Procedimiento de Control de Ejecución, en el que comprobaremos que la obra se está ejecutando conforme a proyecto y conforme a las directrices de la normativa que le sea de aplicación. Para finalizar comprobaremos que lo ejecutado cumple con los cánones de calidad que le son exigibles mediante los pertinentes ensayos.

Estos apartados serán desarrollados en el punto 8. ANEXOS.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO.

3.1. Introducción.

Coma ya hemos dicho en el primer punto de este documento, el jet-grouting es un proceso que consiste en la disgregación del suelo (o roca poco compacta), mezclándolo, y parcialmente sustituyéndolo, por un agente cementante (normalmente cemento). La disgregación se consigue mediante un fluido con alta energía, que puede incluir el propio agente cementante.

Sistema de fluido único: Cuando la desagregación y cementación del suelo se consigue con un chorro de un único fluido a alta presión que, en general, es una lechada de cemento.
Sistema de doble fluido (aire): Cuando la desagregación y cementación del suelo se realiza por un fluido, normalmente lechada de cemento, asistido por un chorro de aire a presión que actúa como segundo fluido.
Sistema de doble fluido (agua): Cuando la desagregación del suelo se obtiene por un chorro de agua a alta presión, utilizando como segundo fluido una lechada para conseguir la cementación del suelo.
Sistema de triple fluido: Con este sistema la desagregación del suelo se consigue por un chorro de agua a alta presión, asistido por un chorro de aire a presión, utilizando como tercer fluido una lechada para conseguir la cementación del suelo.

3.2. Tareas previas.

Principalmente debemos revisar cualquier aspecto que defina al terreno. Realizaremos una investigación geotécnica.

Prestaremos atención a los siguientes condicionantes:

- Lentejones sedimentarios, firmes o consistentes.
- Alto contenido orgánico.
- Tipo de arcillas.
- Lentejones cementados.
- Capa freática.
- Acuíferos.
- Densidad estratos granulares.
- Terreno o agua agresivos.
- Guijarros o piedras.
- Grandes huecos o alta permeabilidad.
- Residuos químicos.

3.3. Proceso constructivo.

La ejecución de un procedimiento de jet-grouting requiere, como mínimo, la definición de:

- La forma del elemento a inyectar (columna, panel, etc.).
- El proceso de jet-grouting apto para las condiciones de la masa de suelo a tratar.

Los equipos que se vayan a utilizar deberán cumplir las especificaciones del Proyecto, con relación a la metodología de jet-grouting a emplear, garantizando:

- La velocidad de extracción y la velocidad de rotación del varillaje de jet-grouting establecidas como velocidades de diseño.
- La presión correcta y el caudal necesario con el que debe ser suministrada la lechada.

Los parámetros de trabajo utilizados por la maquinaria de jet-grouting se encuentran normalmente, comprendidos en los siguientes intervalos:

Parámetros de trabajo	Fluido sencillo	Doble fluido (aire)	Doble fluido (agua)	Triple fluido
Presión de la lechada (MPa)	30-50	30-50	> 2	> 2
Caudal de la lechada (l/min)	50-450	50-450	50-200	50-200
Presión de agua (MPa)	-	-	30-60	30-60
Caudal de agua (l/min)	-	-	30-150	50-150
Presión de aire (MPa)	-	0,2-1,7	-	0,2-1,7
Caudal de aire (m3/min)	-	3-12	-	3-12

Como elementos de limpieza durante la perforación se podrán utilizar, dependiendo de las necesidades, aire, agua, lodo o espuma.

La máxima desviación permitida en las perforaciones, con relación a su eje teórico, será de un dos por ciento para profundidades inferiores a veinte metros. Para profundidades superiores, y en ejecuciones horizontales, la desviación permitida deberá estipularse en Proyecto.

El espacio anular entre la perforación y el varillaje de jet-grouting deberá ser suficiente para permitir la salida de los rechazos sin ningún tipo de obstrucción.

En el caso de ejecutarse paneles de jet-grouting deberá controlarse minuciosamente la orientación de las toberas de inyección.

Cuando se efectúen trabajos de recalce se deberán tomar medidas para asegurar la conexión entre la zona superior del elemento inyectado y la cuña de apoyo de la superficie inferior del cimiento.

Las perforaciones, en el caso de realizarse jet-grouting horizontal, deberán obturarse al terminar su ejecución.

En el caso de que sea necesario interrumpir el proceso de jet-grouting su reinicio deberá asegurar la continuidad del elemento.

Se deberá efectuar una observación visual de los rechazos durante todo el proceso de jet-grouting.

En el caso de que durante la ejecución del jet-grouting los rechazos no sean los esperados se deberán revisar los parámetros de diseño y/o el proceso.

En caso de contemplarlo el Proyecto se podrá colocar armadura en los elementos recién inyectados, durante o inmediatamente después de finalizar la ejecución del jet-grouting, o bien podrá instalarse perforando el elemento cuando éste haya endurecido.



Columnas marcadas.

3.4 Aspectos a tener en cuenta.

El control mínimo, salvo indicación en contra del Proyecto o del Director de las Obras, consistirá en el registro de los parámetros de jet-grouting y en la observación del rechazo para todos los elementos.

Cuando no existan datos documentados, para condiciones de suelo comparables, se deberá ejecutar un ensayo previo "in situ" (con la ejecución de al menos tres columnas de prueba), que cubra los distintos condicionantes que puedan presentarse en la obra, con el fin de establecer la validez de los parámetros de trabajo y del proceso elegidos. En base a los resultados que se obtengan se podrá, previa autorización del Director de las Obras, modificar el proceso y los parámetros de trabajo para adoptar los más efectivos.

Cuando se realicen ensayos previos, y no sea posible excavar, la evaluación de resultados, sobre todo el tamaño de los elementos, deberá realizarse mediante la extracción de testigos y, en los casos en que lo indique el Proyecto, o a instancia del Director de las Obras, mediante la realización de ensayos geofísicos.

Antes de iniciarse las obras deberán calibrarse los equipos que vayan a utilizarse en las medidas.

En caso de que lo especifique el Proyecto, o a instancia del Director de las Obras, se podrá, en función de la duración de la obra, exigir la calibración periódica de los equipos de medida.

La inclinación de los elementos de jet-grouting, salvo especificación en contra del Proyecto o del Director de las Obras, se estimará en función de la inclinación del varillaje en la superficie antes y durante la perforación.

Durante la observación visual de los rechazos se deberá registrar una descripción de los mismos.

En caso de contemplarlo el Proyecto, o a instancia del Director de las Obras, deberá realizarse un control periódico de las propiedades del rechazo tales como la densidad, contenido en cemento, pH, etc.

Con relación a la mezcla de inyección se deberá determinar diariamente la densidad, la decantación, la viscosidad y el tiempo de fraguado, debiéndose, asimismo, tomar muestras con la periodicidad que establezca el Proyecto, o en su defecto el Director de las Obras, para la realización de ensayos de compresión simple.

En el caso de que se efectúe extracción de testigos de elementos ejecutados, ésta se deberá hacer una vez haya transcurrido un tiempo de endurecimiento suficiente. Además, se deberá prestar especial cuidado en que las muestras sean representativas. En el caso de extraer testigo para la determinación de la geometría del elemento inyectado, se deberá realizar, siempre que sea posible, mediante testigos inclinados con relación al eje del elemento, debiendo determinarse la inclinación del eje de extracción y la posición e inclinación del eje del elemento.

4. LISTAS DE COMPROBACIÓN.

Se realizará cada una de las siguientes verificaciones, según se detalla cada apartado en los anexos

1. Control de recepción de materiales certificados
   1.1. Suministro.
   1.2. Distintivos de calidad.
   1.3. Ensayos.
2. Control de recepción de materiales no certificados.
   2.1. Suministro.
   2.2. Ensayos.
3. Control de ejecución.
   3.1. Replanteo y geometría.
   3.2. Materiales.
      3.2.1. Hormigón fabricado en central.
      3.2.2. Hormigón fabricado en obra.
      3.2.3. Barras de acero.
   3.3. Verificaciones previas.
      3.3.1. Excavaciones.
      3.3.2. Cimientos.
   3.4. Colocación y ejecución.
      3.4.1. Excavaciones.
      3.4.2. Armados para hormigón.
         3.4.2.1. Sujeción.
         3.4.2.2. Empalme para hormigón.
         3.4.2.3. Separadores.
         3.4.2.4. Cortado.
      3.4.3. Encofrados y desencofrados.
         3.4.3.1. Diseño.
         3.4.3.2. Puesta en obra de los encofrados.
         3.4.3.3. Material.
      3.4.4. Hormigonado.
         3.4.4.1. Condiciones encofrados.
      3.4.5. Uniones elementos.
         3.4.5.1. Genérico.
         3.4.5.2. Hormigón / Hormigón.
         3.4.5.3. Hormigón / Perfiles metálicos.
         3.4.5.4. Hormigón / Cerámica.
         3.4.5.5. Hormigón / Bloque.
         3.4.5.6. Hormigón / Madera.
4. Control de la obra acabada.
5. Verificaciones posteriores.
6. Estructura de hormigón.

7.4. MICROPILOTES

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.



Micropilotes.

1.1. Concepto y descripción de unidades más frecuentes.

Micropilotes:

Los micropilotes son elementos generalmente de sección circular, de pequeño diámetro, que son capaces de transmitir las cargas de una estructura al terreno, mediante esfuerzos de compresión, y en ocasiones, de flexión y cortante, e incluso de tracción. Esta transmisión de esfuerzos se consigue mediante una conexión a la cimentación superficial, y se realiza por rozamiento del fuste despreciándose en la mayoría de los casos la resistencia en punta por ser muy inferior.

Los micropilotes se definen como elementos longitudinales ya que predomina su longitud sobre su sección. Se componen de una armadura en forma de tubo o barra y por el recubrimiento de ésta en forma de lechada de cemento o

mortero que queda en contacto con el terreno y que se introduce a presión contra el mismo. Esta inyección puede realizarse por tramos.

Ejemplos:

1. Paraguas de micropilotes.
2. Refuerzo de zapatas para ampliación de edificio.
3. Pantalla para excavación de sótanos.

1

2

3

Ámbito de aplicación.

Tradicionalmente utilizados para resolver problemas de recalce de edificios y monumentos históricos con daños en sus cimientos.

Los micropilotes pueden incorporarse a la parte sana de la estructura sin tener que ejecutar elementos estructurales adicionales.

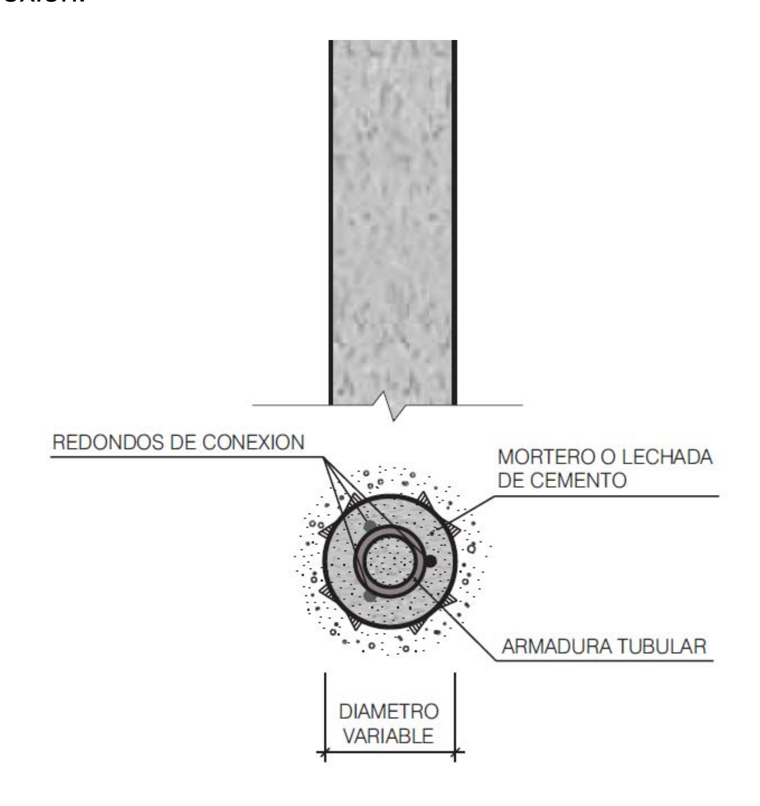
Permite solucionar problemas de accesibilidad o perforabilidad con eficacia y rendimiento adecuado, con molestias mínimas comparado con otros sistemas, y con gran versatilidad para su ejecución en espacios reducidos, ya que son equipos de pequeñas dimensiones.

Tipos y Dimensiones.

Los micropilotes se pueden clasificar:

a) Por la forma de transmitir los esfuerzos:
Como elemento puntual.
En conjunto como mejora del terreno.

b) Por el tipo de solicitación dominante:
Esfuerzos axiales: compresión o tracción.
Flexión.



C) Por el sistema de Inyección:

Tipo 1: Inyección Única Global (IU): una sola fase a baja presión.

Tipo 2: Inyección Única Repetitiva (IR): en una o dos fases mediante latiguillos y presiones medias, no superiores a la mitad de la presión límite del terreno.

Tipo 3: Inyección Repetitiva y Selectiva (IRS): a través de tubos manguito, con reinyecciones superiores a dos y con altas presiones de hasta la presión límite del terreno.

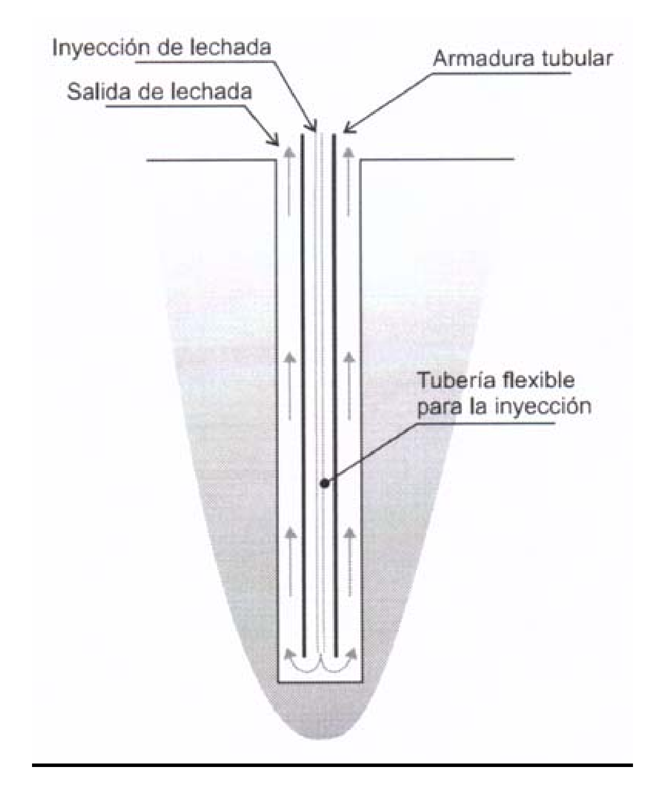
Tipos de inyecciones.

- Inyección previa: cuando las pérdidas de inyección se prevean elevadas, entendiéndose normalmente como tales cuando sean superiores a dos veces y media o tres veces el volumen teórico de inyección. Se realizará una inyección previa con lechada o mortero de cemento, que será necesario reperforar para proseguir con la ejecución del micropilote.

- Inyección única global (IU): efectuada en una sola fase, rellena el hueco comprendido entre el taladro de la perforación y la armadura tubular, así como el interior de ésta.

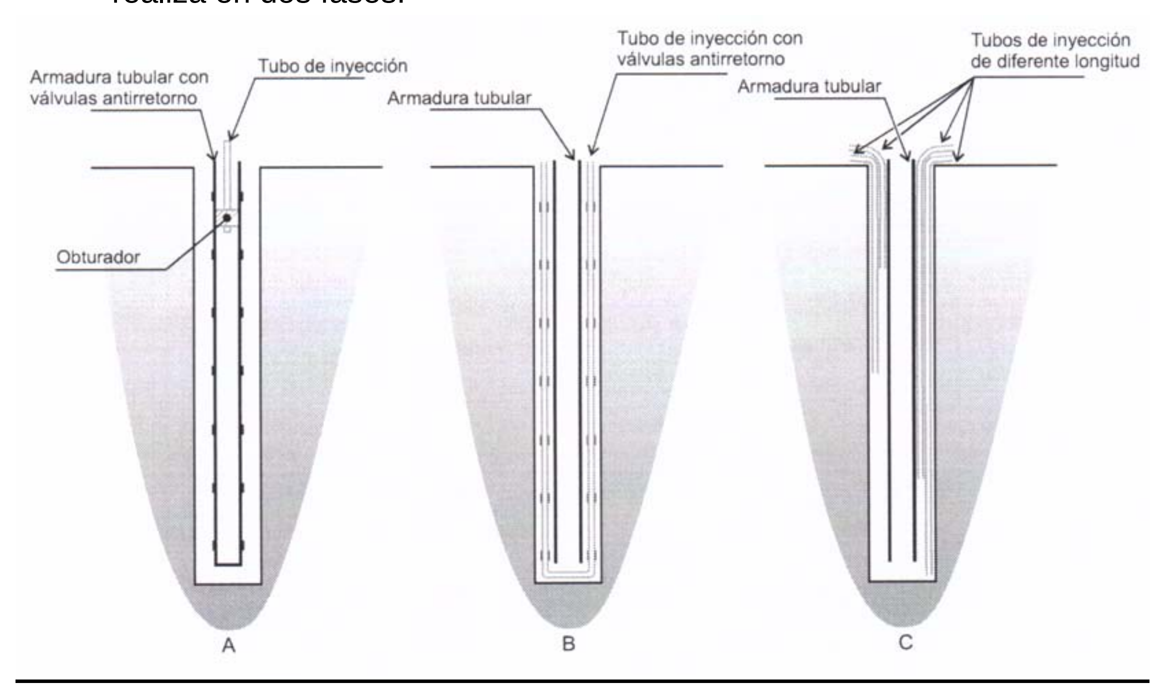
  La inyección se debe realizar desde la punta a la cabeza del micropilote, pudiéndose efectuar de alguna de las siguientes maneras:

  - Mediante inyección a través de un tubo, generalmente de plástico, colocado en el fondo del taladro, produciéndose el ascenso de la lechada tanto por el exterior como por el interior de la armadura tubular. En este caso, y debido al pequeño diámetro de los tubos de plástico empleados, sólo se puede inyectar lechada.
  - Inyectando directamente la lechada o mortero por el interior de la armadura tubular para que rellene tanto el hueco entre ésta y el terreno (ascendiendo por la corona exterior), como el interior de la armadura tubular.



En algunos casos, si transcurrido cierto tiempo (sin alcanzar el fraguado) se observa que disminuye el nivel de la lechada, por penetración de ésta en el terreno, puede ser necesario volver a inyectar.
En los micropilotes tipo IU la presión de inyección normalmente será superior a la mitad de la presión límite del terreno e inferior a dicha presión límite.

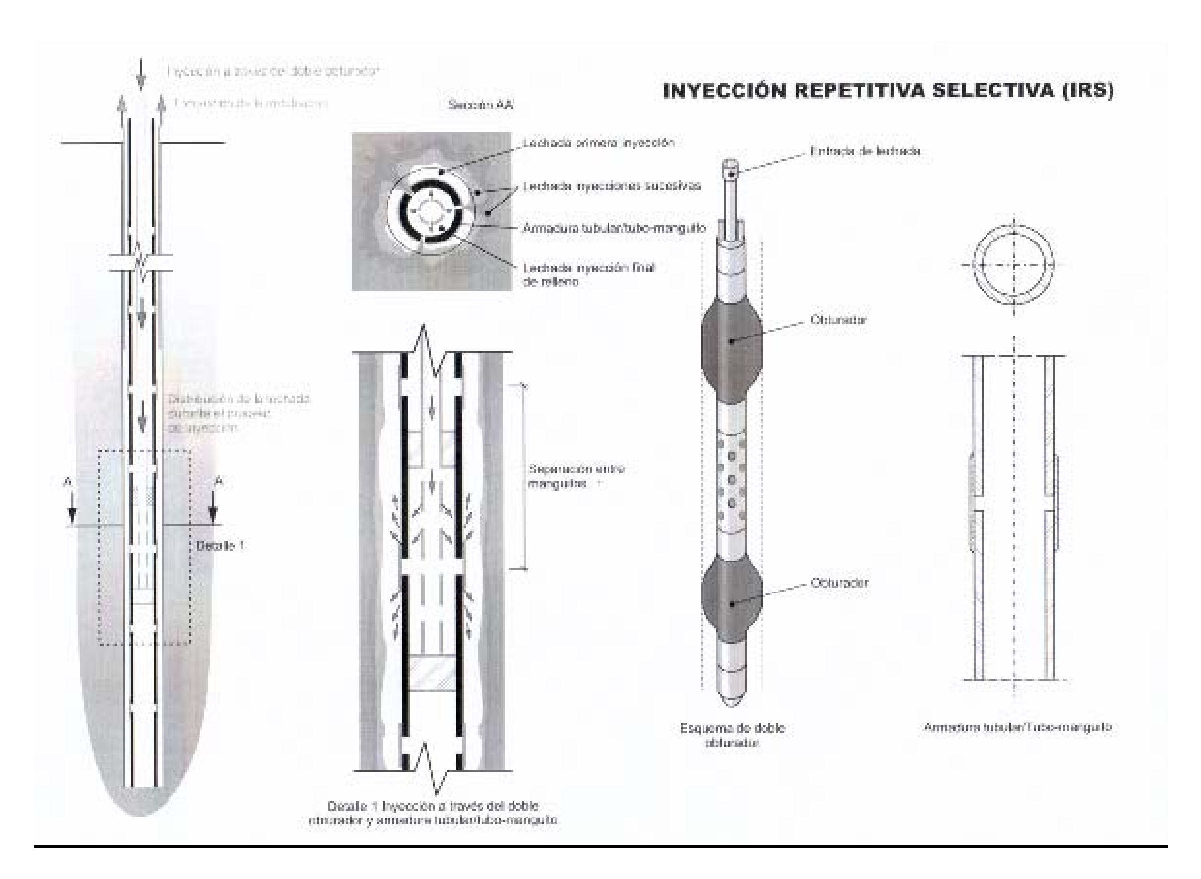
- <u>Inyección repetitiva (IR):</u> En estos micropilotes el relleno e inyección se realiza en dos fases:



- En primer lugar, y una vez introducida la armadura, se realiza un relleno del taladro con lechada en la forma ya descrita para los micropilotes del tipo IU.
- Posteriormente se realiza la reinyección, de alguno de los siguientes modos:
  A través de la propia tubería que sirve de armadura y que está provista de válvulas anti retorno de efecto simultáneo en la zona a reinyectar (caso A).
  Mediante un tubo o circuito con válvulas anti retorno de efecto simultáneo, colocado en el espacio entre el terreno y la armadura y que debe limpiarse para permitir una inyección posterior (caso B).
  Mediante conductos (en general, de plástico) de distinta longitud que lleguen a diferentes cotas del micropilote, colocados por el exterior de la armadura, a través de los cuáles se inyecta la lechada (caso C). (Figura anterior).

Acabado el proceso se realizará una inyección final de relleno de la armadura tubular.

- <u>Inyección repetitiva (IRS):</u> Realizada mediante inyección a presión de la perforación, desde el interior de la armadura tubular, con doble obturador, a través de manguitos instalados en dicha armadura. La distancia entre cada dos manguitos consecutivos deberá ser como máximo de un metro.
  Previamente, la corona anular entre la tubería de armadura y la pared del taladro debe rellenarse con una lechada (inyección de sellado) que sirva de cierre, e impida a la inyección a presión escapar hacia la superficie.
  Se puede inyectar más de dos veces a través de aquellos manguitos que se desee en función, normalmente, de la admisión de lechada obtenida.
  La presión de inyección será normalmente algo superior a la presión límite del terreno.
  Acabado el proceso se realizará una inyección final de relleno de la armadura tubular.



1.2. Diseño y elección del sistema.

Hay cuatro grandes áreas de utilización:

- Como cimentación y/o recalce de estructuras, trabajando básicamente a compresión.
- Constituyendo cortinas o muros discontinuos para contención de terrenos o excavaciones profundas.
- Trabajando a flexión, tracción o flexotracción en la corrección de corrimientos o deslizamientos.
- En “paraguas” de presostenimiento de túneles tanto en las bocas (es ya una práctica común en la mayoría de los túneles) como para el paso de terrenos muy difíciles o para la recuperación de tramos con hundimientos.

  Además de las soluciones especiales, se utiliza frecuentemente para el saneamiento de obras, en los que han de reforzarse cimentaciones antiguas. También se utiliza en la instalación de recintos de trabajo con acceso limitado, dimensiones reducidas y pequeñas alturas de trabajo. Entre los distintos tipos, el micropilote es el que más se ha desarrollado,

especialmente en la minimización del diámetro de la perforación manteniendo de una alta capacidad de carga.

Su empleo no se limita a las obras de recalce. Constituyen la única opción económicamente viable cuando se precise realizar una cimentación profunda que deba atravesar un espesor importante de roca dura, bolos o bloques no aptos para cimentar.

El taladro del micropilote puede rellenarse con mortero o con lechada de cemento, e incluso con microhormigón en los diámetros mayores. Si se desea reducir al mínimo los posibles movimientos provocados por la ejecución de los micropilotes conviene utilizar mortero o una lechada de cemento muy viscosa, pues las lechadas fluidas antes de fraguar pueden provocar el colapso del terreno bajo las cimentaciones. En cualquier caso, suele ser una buena práctica utilizar algún aditivo (bentonita, por ejemplo) para eliminar al máximo la retracción de fraguado.

Según la forma de inyección de la lechada o del mortero, pueden distinguirse dos tipos diferenciados de micropilotes :

- El convencional, en que la inyección se hace por el extremo de una tubería que alcanza el fondo del pilote. La tubería se obtura en cabeza y el mortero o lechada de su interior se pone bajo presión. La tubería se recupera manteniendo la presión sobre el mortero.
- El micropilote con bulbo, en que la inyección, hecha a gran presión con un sistema de válvulas anti retorno, permite la creación de un bulbo de diámetro superior al de la perforación en el tramo final deseado. Normalmente su armadura está constituida por un tubo metálico que se aprovecha para disponer en él los tubos manguitos del sistema de inyección. Las características mecánicas del anclaje en el terreno mejoran mucho respecto de las correspondientes en el método convencional, sobre todo en suelos arcillosos.

Perforación.

El sistema de perforación está condicionado tanto por las características del terreno como por las servidumbres de la obra. En perforaciones bajo el nivel freático o en terrenos con posibilidad de pequeños desprendimientos, y siempre que no se perfore con lodos, se deberá rellenar el taladro con lechada de cemento simultáneamente a la extracción del utillaje.

En los trabajos de recalce, la perforación del taladro, sobre todo en suelos colapsables, es una operación muy delicada. En general, nunca debe añadirse agua por encima del nivel freático, ni tampoco por debajo de éste a menos que la parte superior del taladro se revista adecuadamente para impedir el contacto del agua con el terreno colapsable.

Los métodos de perforación más usuales son los siguientes:

- Rotación con revestimiento continuo.
- Rotación con triconos y trialetas, con o sin lodos de contención.
- Rotopercusión.
- Rotación o rotopercusión con revestimiento simultáneo.
- Barrenas helicoidales.

Colocación de la armadura.

Como norma general, la armadura se colocará inmediatamente después de la terminación del taladro correspondiente.

En los micropilotes que trabajen a tracción, armados con tuberías, el empalme de las mismas deberá ser siempre con tubos roscados.
Deben disponerse centradores tipo ballesta en la armadura cada 3 o 4 metros. En cada nivel se colocarán tres ballestas uniformemente distribuidas en su perímetro.
Las armaduras, y en especial las roscas de las tuberías, deben estar suficientemente protegidas durante su almacenamiento, procediéndose a su limpieza antes de su colocación en el interior de la perforación.
Si se colocan barras interiores a una armadura con tubería, previamente a su colocación deberá rellenarse su interior con lechada de cemento desde el fondo hasta la boca.

Inyección.

Como norma general, las lechadas tendrán una dosificación cemento/agua 2:1 en peso, tanto para la formación de las vainas como para el tratamiento de inyección del bulbo y relleno del interior de la tubería.

El relleno de cemento del espacio anular entre la tubería y el terreno de efectuará de abajo hacia arriba hasta la boca del taladro, componiendo la vaina del micropilote. Las misiones principales de la vaina son:

- Rigidizar la armadura.
- Transmitir los esfuerzos al terreno circundante.
- Proteger la armadura contra la corrosión.

Este relleno se efectuará inmediatamente después de finalizar la perforación y antes o después de colocar la armadura, según el proceso de perforación seguido y las características del terreno.
Se debe tener especial cuidado en controlar el nivel de lechada de la vaina, procediéndose a su relleno en el caso de observarse descensos de dicho nivel.
La vaina se da por terminada cuando la densidad de la lechada que rebosa por la boca del taladro sea igual a la de la inyectada.
Es de capital importancia que la vaina sea continua a lo largo del micropilote. Si las absorciones fueran fuertes, habría que añadir arena a la mezcla y, eventualmente, usar acelerantes de fraguado.

En los pilotes inyectados con tubos-manguito, la inyección del bulbo se hará de abajo hacia arriba, manguito por manguito. La distancia entre éstos oscilará entre 0,33 y 1 metro, según las características del terreno, y deberá ser definida en Proyecto.

La inyección del bulbo se comenzará una vez que la vaina haya empezado a fraguar (unas 10-12 horas después del relleno de ésta).

Los volúmenes teóricos de inyección por cada manguito se definen en función del terreno y en base a experiencias similares; este volumen previsto deberá ser ajustado en obra durante el proceso de inyección.

Como norma general, se tratará de conseguir una presión final de inyección, medida en boca de taladro, del orden de 15-20 kp/cm^2.

1.3. Elementos constitutivos comunes.

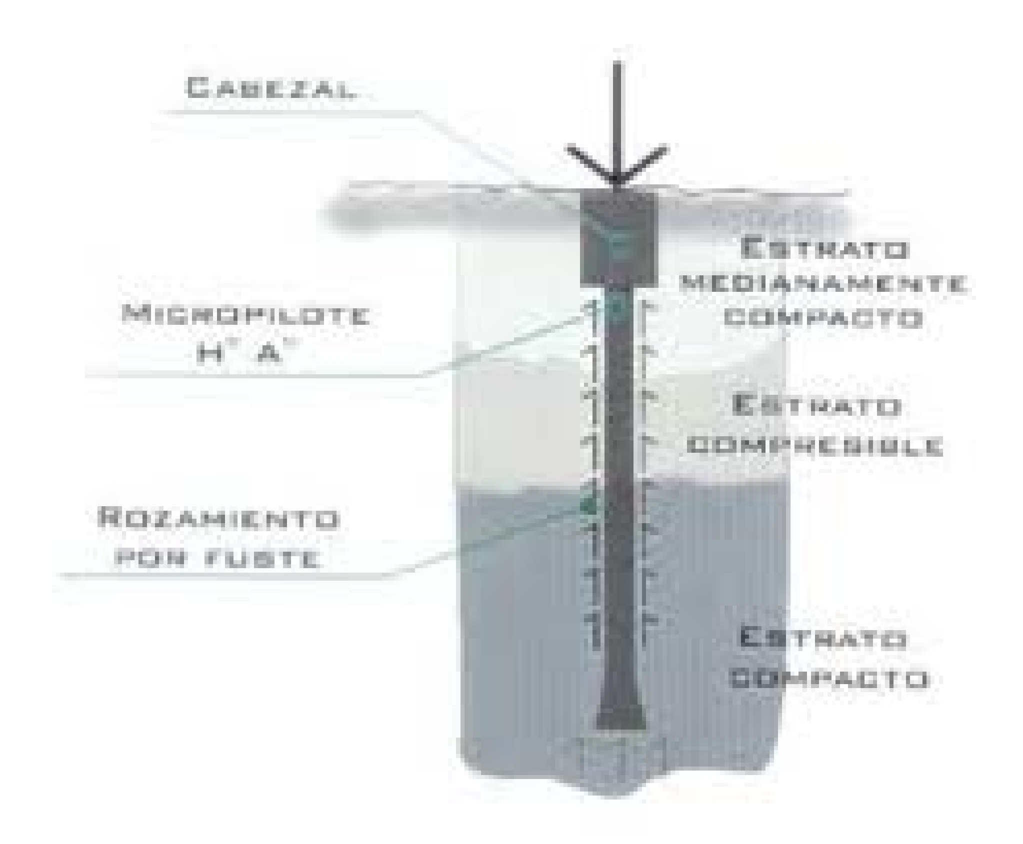
Materiales:

- Lechada de cemento para inyección.
- Acero como entubación.
- Armadura interior: Barras tipo Gewi, barras de AEH-500S, perfiles laminados.

Maquinaría:

- Equipos de perforación como sondas o carros perforadores con las características adecuadas al terreno y especificaciones de obra.
- Equipos para hormigonado: Máquina de fabricación de lechada de cemento, bomba inyectora.

Esquema de Micropilote.



1.4. Detalles constructivos más representativos.

A continuación se incluyen varios detalles constructivos, los más usuales, que referencian la mayoría de puntos más importantes a controlar en la ejecución de los micropilotes.

Los detalles son:

- Viga volada en pilar medianero.
- Encepado de tres micropilotes.
- Recalce con perforación de muro.
- Recalce con encepado atirantado.

PILAR MEDIANERO

ARMADURA TUBULAR

MEDIANERA

VIGA VOLADA

MICROPILOTE

Viga volada en pilar medianero

PLANTA

SECCION

PILAR

ARMADURA
TUBULAR

GRUPO DE MICROPILOTES

Encepado de tres micropilotes

MURO DE CARGA

SOLERA

VIGAS RIOSTRA

ARMADURA TUBULAR

MICROPILOTES

Recalce con perforación de muro

FORJADO
MURO DE CARGA
ENCEPADO
TIRANTE
MICROPILOTES

Recalce con encepado atirantado

1.5. Condiciones constructivas.

Los micropilotes pueden considerarse en líneas generales como pilotes de pequeño diámetro, generalmente de entre 114 y 220 mm de diámetro, dotados de una armadura tubular rodeada de lechada de cemento o de mortero. Hoy en día se alcanzan diámetros superiores a 300 mm y también se emplean armaduras en forma de barra.

El proceso de ejecución de un micropilote se compone de dos fases: la perforación del terreno y la inyección de la lechada o el mortero.

PERFORACIÓN.

La técnica empleada en la perforación de un micropilote depende básicamente del tipo de terreno en el que va a realizarse. Aunque existen varias maneras de perforar, las más empleadas son:

- OD.
- ODEX.
- Rotación.
- Rotopercusión con martillo en cabeza.

Aunque en algunos casos no es necesario proteger la perforación frente a derrumbes internos del terreno, lo habitual es emplear entubación recuperable y barrido con agua y aire comprimido.

Si el terreno no es estable a la perforación puede ser necesaria la utilización de entubación perdida. Este elemento puede ser sustitutivo o complementario de la armadura necesaria.

El taladro se lava con agua y/o aire a presión. Si la armadura es tubular, que es la más utilizada, se introduce en la perforación una vez concluido el lavado.

En el caso en el que la armadura sea de barra, se introducirá ésta una vez inyectado el taladro.



Perforación de micropilotes..

INYECCIÓN.

La inyección se ejecuta mediante la técnica de bombeo por circulación inversa de la lechada de cemento o el mortero.

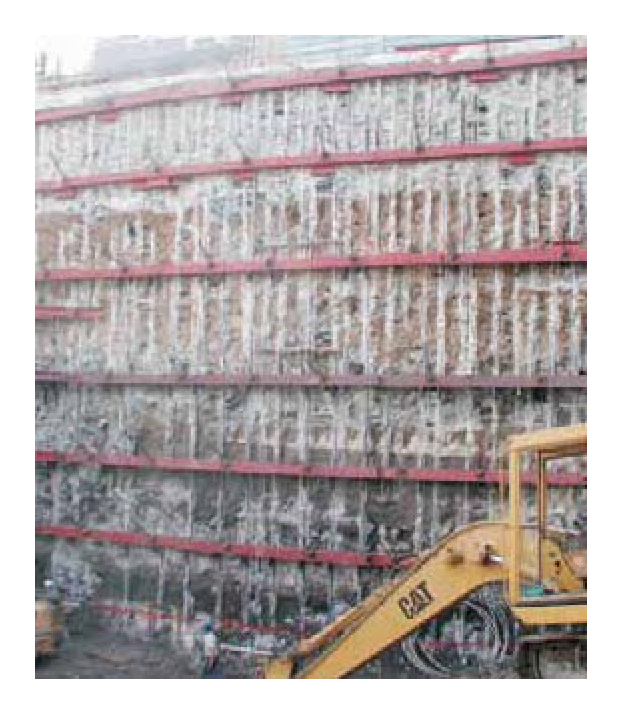
En el caso de armadura tubular el bombeo se efectúa por dentro de la tubería hasta el fondo del taladro y asciende por el espacio anular formado entre ella y el terreno a la vez que desplaza en su camino al detritus de la perforación.

Si la armadura está compuesta por la propia entubación, la inyección se hará a continuación de la limpieza del taladro.

Si fuera una barra, se inyecta después del lavado y se introduce la barra inmediatamente después.

En cualquier caso los distintos tipos de inyección existentes se ejecutan de abajo a arriba rellenando la perforación.





Inyección en micropilotaje.

2. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL.

Como en cada uno de los tipos de cimentación que estamos estudiando, para completar un estudio que ayude a una mejor ejecución de cada trabajo, se hace necesario empezar a estudiar cada trabajo mucho antes de que este realmente sea iniciado.
Por ello, debemos diferenciar 2 tipos básicos de procedimientos de control de los trabajos:

- Procedimiento de Control de Proyecto, donde, resumiendo mucho, se revisará la documentación previa existente (proyecto, estudio geotécnico, informes, etc) para, saber qué es lo que vamos a hacer y de qué forma, y detectar errores, incongruencias o falta de información antes de que nos sea necesaria.

- Procedimiento de Control de Ejecución, en el que comprobaremos que la obra se está ejecutando conforme a proyecto y conforme a las directrices de la normativa que le sea de aplicación. Para finalizar comprobaremos que lo ejecutado cumple con los cánones de calidad que le son exigibles mediante los pertinentes ensayos.

Estos apartados serán desarrollados en el punto 8. ANEXOS.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO.

3.1. Introducción.

El micropilote es un elemento para las cimentaciones, resistente a los esfuerzos de tracción y compresión; está compuesto por un tubo de acero colocado en el interior de un taladro perforado en el terreno y recibido en el mismo mediante una lechada de cemento inyectado.

El elemento resistente del pilote es una armadura de forma tubular que se coloca en el taladro con roscado o soldadura de los diferentes tramos.

Se utilizan los micropilotes cuando las capas o estratos superficiales de terreno no poseen la capacidad portante suficiente para absorber las cargas trasmitidas por la estructura del edificio.

La capacidad portante del micropilote es inferior a la de los pilotes.

Se utilizan en terrenos donde no es posible la ejecución de pilotes convencionales, ya sea por dificultad en los accesos como otras causas que lo impidan.

<u>Empleo en cimentaciones nuevas:</u>

Cuando se debe cimentar una estructura que tiene estructuras colindantes donde no se permite lo siguiente:

- Golpeteo fuerte.
- Vibraciones.
- Excavaciones extensas sin entubar.
- Acceso de máquinas clásicas de cimentación por pilotes normales.

<u>Pantalla de micropilotes:</u>

- Para recalzar estructuras colindantes
- Posibilitar la excavación hasta determinada profundidad sin apeos.

Deben emplearse también en los casos en que las pantallas tradicionales continuas o de pilotes de gran diámetro no pueden realizarse.

<u>Refuerzo cimentaciones existentes:</u>

Por aumento de cargas sobre cimentaciones existentes:

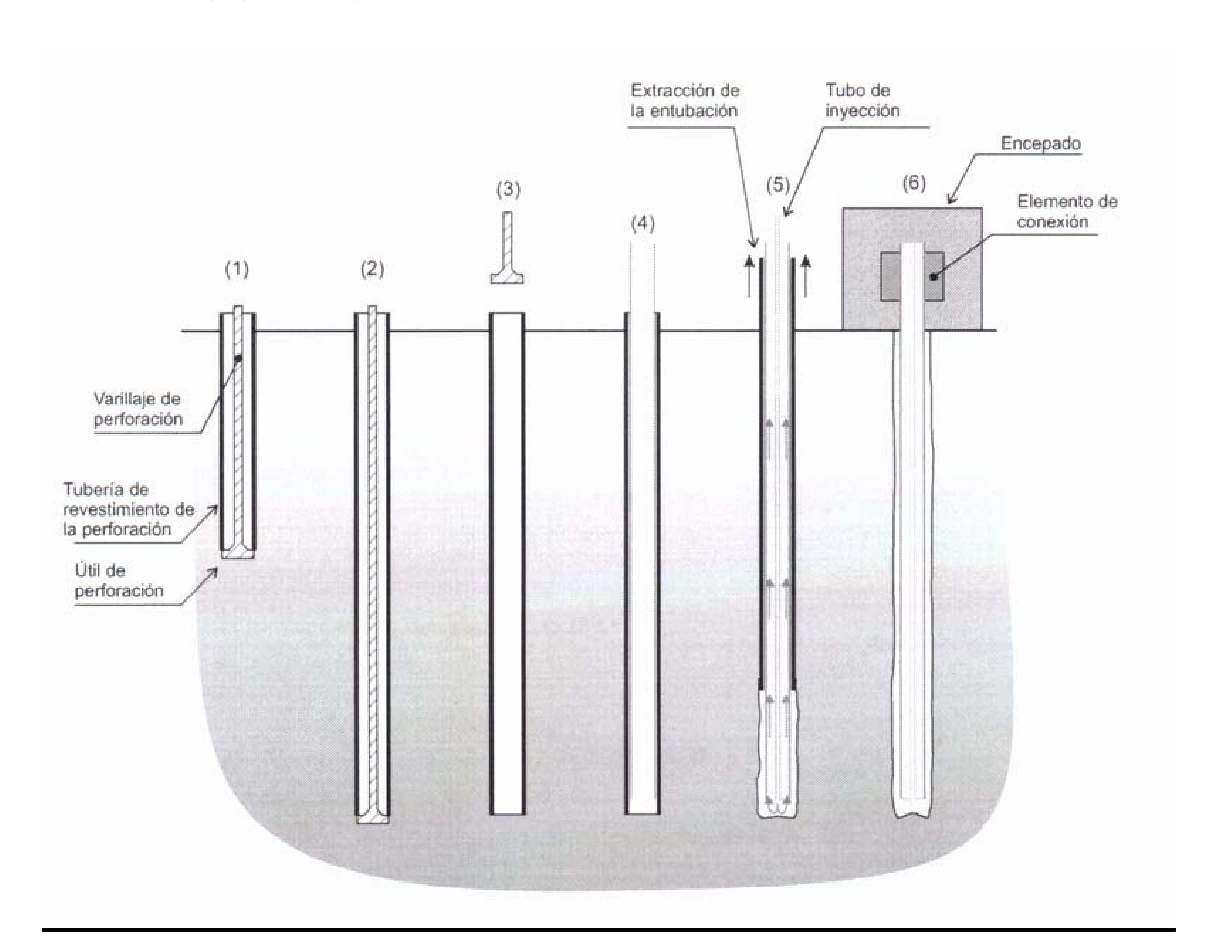
- Por la construcción de estructuras nuevas que no graviten sobre las cimentaciones de las mismas.

- Cuando se realizan modificaciones de las estructuras existentes.

Asiento de estructuras: Para edificios; monumentos; naves industriales; viaductos; puentes; otros, que por fallos de la cimentación o por fallas del terreno donde se asientan los cimientos, que puedan sufrir alteraciones.

La ejecución de un micropilote comprende normalmente la realización de las siguientes operaciones básicas.

Perforación del taladro del micropilote (fases 1, 2 y 3).
Colocación de la armadura (fase 4).
Inyección del micropilote (fase 5).
Conexión con la estructura (fase 6) o con el resto de los micropilotes, mediante un encepado.
Para poder realizar estas operaciones se deberá disponer una plataforma de trabajo que cuente con la superficie necesaria para ubicar tanto el material como los equipos. El gálibo debe ser adecuado a dichas necesidades.



Ejecución de micropilote..

3.2. Tareas previas.

Debe conocerse el informe geotécnico que determine los siguientes datos:

- Corte estratigráfico y nivel de la capa freática.
- Características mecánicas del terreno.
- Determinación de la profundidad estimada para la cimentación.
- Grado de agresividad del terreno.

Preparación de la superficie de asiento realizando previamente el movimiento de tierras, limpio de obstáculos y de material orgánico, con ancho suficiente para permitir maniobras de maquinaria.

Realizar la inspección de edificios colindantes e identificar los servicios que puedan afectar la ejecución de los trabajos, efectuando la conveniente sustitución o corrimiento de los mismos, si fuese necesario.

Replanteo de los micropilotes.

Marcar los micropilotes mediante redondos de acero corrugado con un alambre en la punta, ya que este tipo de marcas no es preciso quitarlas para perforar.

Después de haber marcado en el terreno el centro del pilote, se tomarán referencias en los cuatro puntos cardinales, a una distancia prudencial para que se mantengan durante la ejecución de los trabajos.

3.3. Proceso constructivo.

<u>Perforación.</u>

Ya efectuado el replanteo de los micropilotes, se realiza la perforación situando la máquina justo en el centro del micropilote; deberá aplomarse la torre o pluma y se inicia la tarea de taladrar mediante rotación.

Se establece el diámetro de la barrena de acuerdo al diámetro especificado en proyecto para el micropilote.

La barrena perfora con movimiento compuesto de giro y descenso. Desde el interior de la máquina se opera controlando la presión ejercida al perforar, con lo cual se pueden detectar los estratos más duros.

Por ello el maquinista debe prestar atención, pues si llega a una capa muy dura, el exceso de presión puede hacer reventar un manguito.

Cuidar que los manguitos, ya que son muy largos, no traben la hélice; por ej.: si hay viento fuerte, con lo cual se rompen fácilmente.

Con la longitud de la barrena se controla la profundidad de la excavación, y cuando se llega a la cota exigida, se detiene la perforación.

Con la disposición de micropilotes perforados, se calcula que la desviación en planta no supere al 10% del diámetro del micropilote; en relación a su verticalidad, la desviación no debe superar el 4% de la longitud del micropilote.

Vaciado: se realiza por medio de aire a presión.



Ejecución de micropilotes.

Colocación de la armadura.

Previo a la colocación de la armadura tubular, se realiza la limpieza del fondo inyectando agua a presión.

La armadura se coloca centrada respecto al eje del micropilote, verificando que se mantenga la verticalidad y el centrado; debe guiarse la introducción de la camisa de chapa de acero y la barra tipo Gewi.

La armadura se prepara fuera de la zona a pilotar, previendo los tramos de tubo necesarios para efectuar los empalmes mediante rosca o soldadura, y se corta el tramo del tubo con la longitud necesaria.

Esta armadura debe sobresalir del terreno una longitud determinada (entre 60 y 90 cm.) a fin de soldarle luego unos redondos que garanticen la adherencia entre encepados y micropilotes.



Armaduras para encepados.

Inyección.

Colocada la armadura, deberá evitarse que se produzcan contaminaciones en el interior de la perforación; por ello se realiza la inyección de la lechada de cemento antes que transcurran 24 horas desde la introducción de la armadura.

El tiempo máximo entre fases sucesivas tampoco debe superar las 24 hs. en relación al cemento empleado y los tiempos de fraguado en obra.

Por lo general, la inyección se realiza en tres fases:

1.- En la primera fase se inyecta el cemento por gravedad, hasta que rebosa por el espacio anular entre la armadura tubular y el terreno. Se espera hasta que fragüe antes de inyectar en segunda fase.

2.- En la segunda fase se realiza la formación del bulbo de anclaje del micropilote al terreno, inyectando a presión.

3.- Por último, se rellena el interior de la tubería con la mezcla de cemento. Si se observan admisiones anormales, se fuerza la penetración del relleno con presión de aire obturando en cabeza. Cada tipo de micropilote requiere de diferentes proporciones de cemento y agua para su rellenado.

Descabezado.

Conviene descabezar los micropilotes pues el hormigón de la capa superior suele siempre ser de mala calidad. Tener en cuenta que, cada cierto tiempo, ha de retirarse el material extraído para permitir a la máquina maniobrar.

Soldadura de las armaduras.

Luego de finalizar la inyección, se realizan las soldaduras continuas en la armadura tubular del micropilote que sobresale del terreno, unos redondos de acero corrugado o capuchones para producir buena adherencia entre el micropilote y el encepado.



Armadura micropilote.

3.4 Aspectos a tener en cuenta.

Deben revisarse diariamente los aparatos de elevación y dispositivos de manejo o perforación, siempre antes de comenzar los trabajos.

El orden de ejecución de cimentación por micropilotes debe realizarse desde el interior al exterior o perímetro de la obra.

El empotramiento del micropilote en su encepado no debe ser inferior a 5 cm.

Debe vigilarse el volumen teórico del mortero y el realmente empleado, a fin de que no existan diferencias apreciables en menos, o grandes diferencias en más.

Se recomienda realizar un parte diario para cada micropilote, donde constará:

- Fecha y hora de inicio y finalización.
- Diámetro y profundidad alcanzada en le taladro.
- Longitud de la armadura y profundidad hasta la introducción de la misma.
- Volumen del mortero.
- Altura del descabezado.

Y todas las variaciones que se produzcan y no estén previstas en el proyecto.

4. LISTAS DE COMPROBACIÓN.

Se realizará cada una de las siguientes verificaciones, según se detalla cada apartado en los anexos

1. Control de recepción de materiales certificados
   1.1. Suministro.
   1.2. Distintivos de calidad.
   1.3. Ensayos.
2. Control de recepción de materiales no certificados.
   2.1. Suministro.
   2.2. Ensayos.
3. Control de ejecución.
   3.1. Replanteo y geometría.
   3.2. Materiales.
      3.2.1. Hormigón fabricado en central.
      3.2.2. Hormigón fabricado en obra.
      3.2.3. Barras de acero.
   3.3. Verificaciones previas.
      3.3.1. Excavaciones.
      3.3.2. Cimientos.
   3.4. Colocación y ejecución.
      3.4.1. Excavaciones.
      3.4.2. Armados para hormigón.
         3.4.2.1. Sujeción.
         3.4.2.2. Empalme para hormigón.
         3.4.2.3. Separadores.
         3.4.2.4. Cortado.
      3.4.3. Encofrados y desencofrados.
         3.4.3.1. Diseño.
         3.4.3.2. Puesta en obra de los encofrados.
         3.4.3.3. Material.
      3.4.4. Hormigonado.
         3.4.4.1. Condiciones encofrados.
      3.4.5. Uniones elementos.
         3.4.5.1. Genérico.
         3.4.5.2. Hormigón / Hormigón.
         3.4.5.3. Hormigón / Perfiles metálicos.
         3.4.5.4. Hormigón / Cerámica.
         3.4.5.5. Hormigón / Bloque.
         3.4.5.6. Hormigón / Madera.
4. Control de la obra acabada.
5. Verificaciones posteriores.
6. Estructura de hormigón.

8. ANEXOS.

En este punto, vamos a incluir la base del presente trabajo, la parte más importante, sobre la que se fundamenta el resto y que es la que realmente da sentido a todo el proyecto.

Los anexos van a dividirse en tres categorías principales, según el esquema ya visto en el índice principal que son:

8.1 Procedimientos.
8.2 Instrucción.
8.3 Listas de comprobación.

En cada una de estas categorías se van a incluir una serie de documentos que una vez con los conocimientos básicos aportados en los puntos anteriores, pueden servir para una mejor realización del trabajo diario de un Ingeniero de Edificación.

Cada uno de estos documentos podrá ser utilizado individualmente y por separado de los demás para una mayor comodidad y eficiencia en cada caso.

En la primero categoría, *Procedimientos*; de cada uno de los tipos de cimentaciones superficiales estudiados anteriormente, se creará un protocolo de actuación. En este protocolo se diferenciará si la actuación se está realizando previa a la ejecución, es decir, en FASE PROYECTO, o si dicha actuación se realiza en el momento de la ejecución de la cimentación o elemento estructural., FASE EJECUCIÖN.

Estos protocolos de actuación de cada tipo de cimentación, servirán para, y ya en la tercera categoría, crear unas LISTAS DE COMPROBACIÖN, que resumirán de la mejor forma posible todo lo que se describe en el apartado de Procedimientos.

Estas listas de comprobación que son el fin buscado en el presente proyecto, se basan en la creación de unas listas, cuadros o tablas de chequeo, con las cuales se pueda llevar un control exhaustivo de los trabajos de cimentaciones que se están realizando o se van a realizar.

Pudiéndose en estas listas comprobar que cada elemento se va a ejecutar, se está ejecutando, o incluso se está solventando alguna deficiencia en el mismo cumpliendo con la normativa de referencia para cada tipo de cimentación y con las buenas prácticas constructivas.

Con estas listas se debe conseguir evitar al máximo cualquier tipo de errores o deficiencias que se pudieran observar en cualquier momento del proceso constructivo. O en su caso localizar y advertir estas deficiencias lo antes posible con las consiguientes ventajas, tanto temporales como económicas que esto aporta.

Por último, se ha creado la categoría denominada *Instrucción,* en la que se incluirán aquellos detalles más específicos o especiales que no pueden incluirse en los apartados anteriores, pues realmente no podrían catalogarse en ninguno de los apartados estudiados.

8.1 PROCEDIMIENTOS.

En los documentos que a continuación se adjuntan, se pretende crear unas guías de trabajo para la supervisión de cada sistema constructivo estudiado.

Estas guías empezarán su labor, no solo en la propia ejecución de los trabajos, sino que lo harán desde la redacción del proyecto por el técnico pertinente.

Cada una de ellas se ha creado para formar un documento aislado y único, diferenciado de los demás, para así evitar tener información que no se necesita en las labores de supervisión. En cualquier caso en el presente documento, aparecerán todas juntas.

Por el anterior motivo, y a riesgo de ser repetitivo, en cada uno de los procedimientos se ha repetido una parte inicial que engloba una serie de trabajos que, a mi entender, deberemos realizar sea cual sea el trabajo a ejecutar. Y aún siendo que posiblemente y en algún caso, pudiera ser que algo no fuera de aplicación, he preferido pecar de exceso que de defecto.

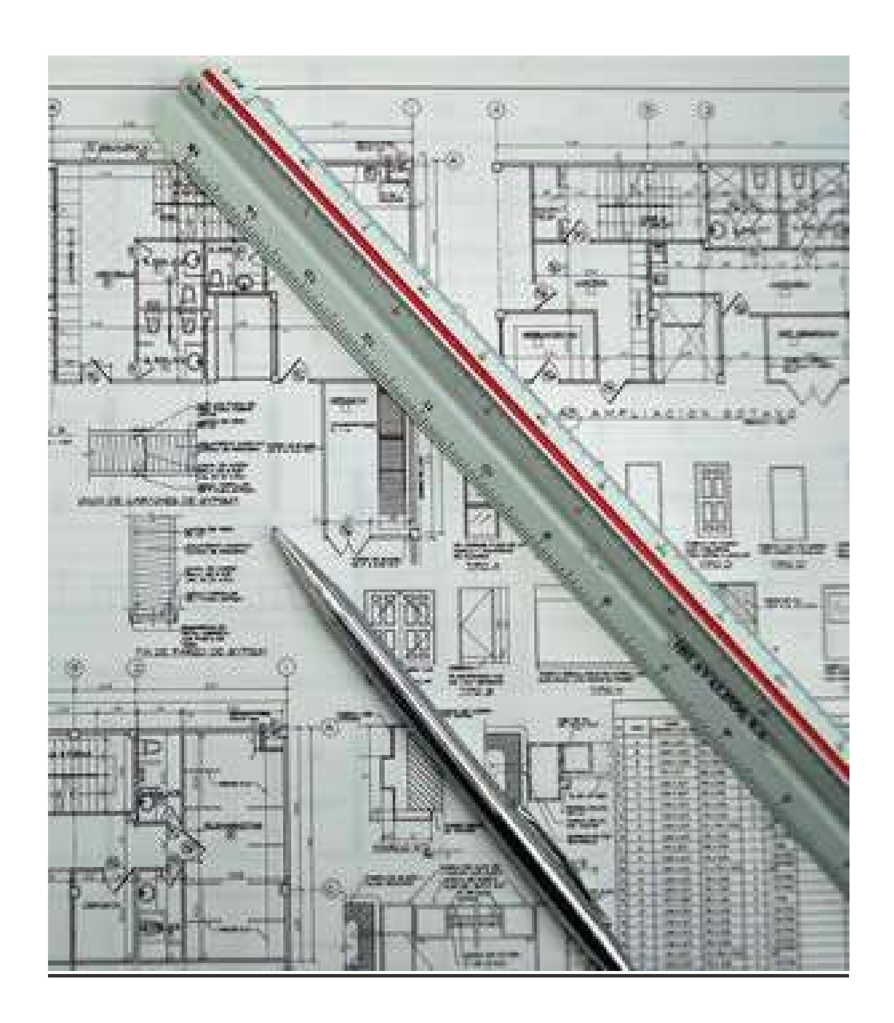
En la parte final de cada documento, se añaden los procesos particulares de cada sistema constructivo.

ÍNDICE




1. MUROS DE SÓTANO. FASE PROYECTO.





1. PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE PROYECTO.

1.1. Descripción del proceso de control.

Como documentación de partida para el control del proyecto de esta unidad de obra será necesaria la siguiente documentación:

- Inspección Preliminar del Emplazamiento, del que deberán extraerse los siguientes datos:
  - Riesgos Ambientales.
  - Riesgos del terreno: Topográficos, presencia de agua, agresividad del terreno o aguas freáticas, sismicidad, especiales.
  - Riesgos por preexistentes: Descripción, estado de conservación, deterioros.
  - Riesgos por colindantes: Descripción, estado conservación, deterioros.

- Otros riesgos: Presencia o proximidad de colectores, redes de agua, depósitos de combustible, explosivos.

- Estudio Geotécnico, del que se tomarán los siguientes datos:

  - Naturaleza del subsuelo del plano de cimentación.
  - Cota de apoyo de cimentación.
  - Tensión admisible. Coeficiente de seguridad adoptado. Asientos.
  - Agresividad del medio (agua, suelo).
  - Nivel freático por encima de la cota de cimentación. Métodos de rebajamiento del nivel freático (bombeo mediante pozos, well-point, etc.)
  - Arcillas expansivas. Empleo de medidas correctoras.
  - Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.
  - Recomendaciones que puedan ser de utilidad para la revisión del Proyecto.

- Copia del Proyecto de Ejecución, con los documentos que se indican a continuación:
  - Memoria de Cálculo.
  - Planos de Cimentación.
  - Pliego de Condiciones y Estado de Mediciones y Presupuesto.

La supervisión del proyecto de la estructura de contención, muros de sótano, se realizará dividiéndolo en dos actividades:

- Supervisión documental de Proyecto.
- Supervisión del dimensionado.

1.2. Supervisión documental de proyecto.

1.2.1. Memoria y Anejos.

En el documento Memoria de Cálculo, se presta especial atención a:

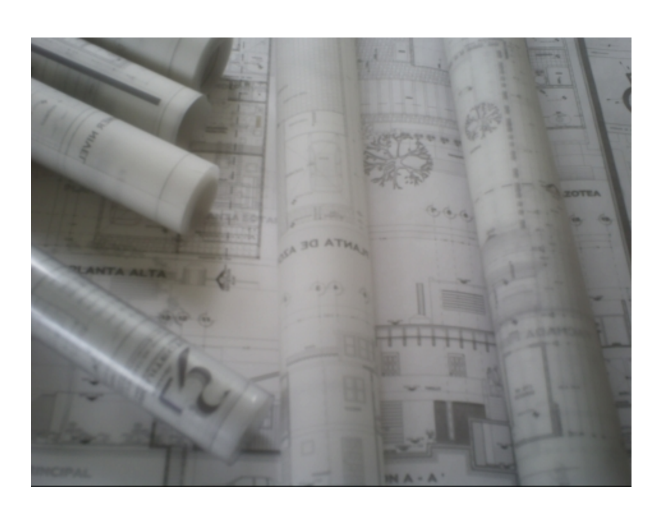
- Normativa aplicada.
- Descripción de la estructura.
- Tensión admisible del terreno.
- Agresividad del medio (agua, suelo).
- En zona sísmica, exigencias de arriostramiento.
- Sistema y método de cálculo empleado.

- Acciones consideradas en el cálculo.
- Hipótesis de carga realizadas y coeficientes parciales de seguridad según el nivel de control establecido.
- Características resistentes de los materiales.
- Medidas de rebajamiento del nivel freático, en el caso de que esté por encima de la cota de cimentación.
- En el caso de arcillas expansivas, medidas correctoras.
- Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con la inspección preliminar del emplazamiento realizada y principalmente con el Estudio Geotécnico.

1.2.2. Planos.

En el documento Planos, se presta especial atención en los Planos de Estructuras de contención a:



- Replanteo de muros. Acotación a ejes o puntos fijos.
- Indicación de la cota del plano de cimentación y cota del nivel freático, en caso de afectar a la excavación.
- Planos de cimentación, con indicación de la cuantía y disposición de armados en cada dirección, con indicación de las patillas necesarias, en su caso. Indicación clara de los ejes considerados para evitar errores de interpretación.
- Tensión admisible del terreno.
- Cuadro de características de materiales.
- Cuadro de longitudes de anclaje-solape en función de la calidad del hormigón y del acero.
- Detalles de planos de muros.
  - Plano de replanteo para la ejecución de muros en ménsula.

- Detalle del armado de vigas de atado y vigas centradoras. Secciones tipo.
- Detalles de la disposición de la armadura de los muros.
- Detalle de arranques de pilares.
- Detalle de cimentaciones para juntas de dilatación en estructura, juntas en "diapasón".
- Detalle del foso de ascensor (en su caso), e interferencia con los muros.
- Detalle de conexión con la red de puesta a tierra. Ver planos de instalaciones.

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con el resto de los documentos del Proyecto, principalmente con el Pliego de Condiciones y el Estado de Mediciones y Presupuesto.

La consecuencia directa de la supervisión documental del Proyecto es la solicitud mediante documento escrito de aquellas deficiencias detectadas en cuanto a la definición del Proyecto.

Para la supervisión documental de Proyecto se rellenará una lista de comprobación, de modo que se verifica en los documentos del Proyecto Memoria y Planos la existencia y adecuación de los puntos anteriores.

1.3. Supervisión del dimensionado estructural.

1.3.1. Metodología de análisis y muestreo.

La revisión de la unidad, muros de sótano, se realizará en base a un mínimo de elementos controlados.

Estos elementos se seleccionarán preferentemente de entre los más cargados, mayores dimensiones y/o cuantías de armado.

Se prestará especial atención a elementos o disposiciones constructivas singulares, así como aspectos detectados que por su naturaleza o situación puedan derivar en situaciones específicas de riesgo.

Se propone en general para esta unidad de obra un muestreo:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

1.3.2. Adecuación de acciones.

El análisis de la estructura desde el Proyecto implica el estudio detallado de la misma en la memoria y los planos con la finalidad de encaminar el posterior proceso de cálculo mediante la identificación de los elementos más conflictivos antes de entrar en la comprobación de los cálculos.

Con respecto al análisis de las cargas en la Memoria de cálculo tiene el objeto de obtener el dato de las acciones consideradas en Proyecto de las cargas para, posteriormente hacer una superposición con el dato recogido en la NCSR-02. En concreto se recogen los valores de:

- Concargas:
  Peso propio

  Cargas permanentes
- Sobrecargas:
  Sobrecarga de uso

  Sobrecarga de tabiquería
- Nieve:
  En función de la altura topográfica se tomarán los valores de carga que correspondan
- Viento:

Será considerado en las zonas en las que la ubicación del edificio sea expuesta

- Sismo:
  Será considerado en las zonas sísmicas

Consideraciones.

Si las acciones propuestas son iguales o inferiores a las de normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las reglamentarias.

Si las acciones propuestas son superiores a las de la normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las consideradas en Proyecto, previa confirmación del proyectista.

- Coeficientes de mayoración y minoración, se registrarán los considerados en Proyecto.
- Determinación de esfuerzos:
  - Combinaciones de las acciones consideradas, según el Artículo 13 “Combinación de Acciones” de la EHE.
  - Características de los materiales, se registrarán los valores de resistencia característica del hormigón y del acero.

1.3.3. Adecuación a la normativa sismorresistente.

La aplicación de la norma NCSR-02 es de obligado cumplimiento en las estructuras de edificación que nos ocupan, por lo que será preceptiva su consideración en los casos en los que lo indique la norma. En caso de no aplicarse, acogiéndose al art 1.2.3. de la citada norma, se deberá justificar tal circunstancia.

En cualquier caso deberá indicarse tanto en la Memoria como en los planos, la aceleración básica, el grado de ductilidad, disposiciones constructivas, etc.

1.3.4. Determinación de Esfuerzos.

La determinación de los esfuerzos en los muros se hará con arreglo a los principios de la mecánica racional, complementados en caso necesario por las teorías clásicas de la resistencia de materiales y de la elasticidad.

Las simplificaciones efectuadas sobre la estructura real para transformarla en una ideal de cálculo se describirán detalladamente, incluyendo el modelo estructural, dimensiones, características mecánicas, tipos de conexiones en nudos y condiciones de sustentación (incluidas las características del terreno).

1.3.5. Cumplimiento de condiciones de seguridad de estructura.

Una vez obtenidos los esfuerzos de cálculo, se verificará la adecuación de la estructura proyectada, analizando las condiciones generales de estabilidad y los estados límites últimos, verificando que se cumplen los coeficientes de seguridad exigidos por la normativa vigente.

<u>Muros de sótano.</u>

Comprobaciones relacionadas con el terreno.

Antes de proceder a la ejecución de la cimentación se realizará la confirmación del estudio geotécnico:

Una vez iniciada la obra e iniciadas las excavaciones, a la vista del terreno excavado y para la situación precisa de los elementos de la cimentación, el Ingeniero de la Edificación, Director de Obra apreciará la validez y suficiencia de los datos aportados por el estudio geotécnico, adoptando en casos de discrepancia las medidas oportunas para la adecuación de la cimentación y del resto de la estructura a las características geotécnicas del terreno.

Se comprobará visualmente, que el terreno de apoyo de la cimentación se corresponde con las previsiones del proyecto. El resultado de tal inspección, se incorporará a la documentación final de obra. Estos planos quedarán incorporados a la documentación de la obra acabada.

En particular se debe comprobar que:

1. El nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y apreciablemente la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico.

2. El nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas; el terreno presenta apreciablemente una resistencia y humedad similar a la supuesta en el estudio geotécnico.

3. No se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc.

4. No se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres.

Comprobaciones relacionadas con la seguridad estructural.

- El replanteo es correcto.
- Se han observado las dimensiones y orientaciones proyectadas.
- Se están empleando los materiales objeto de los controles ya mencionados.
- La compactación o colocación de los materiales asegura las resistencias del proyecto.
- Los encofrados están correctamente colocados, y son de los materiales previstos en el proyecto.
- Las armaduras son del tipo, número y longitud fijados en el proyecto.
- Las armaduras de espera de pilares u otros elementos se encuentran correctamente situadas y tienen la longitud prevista en el proyecto.
- Los recubrimientos son los exigidos en proyecto.
- Los dispositivos de anclaje de las armaduras son los previstos en el proyecto.
- El espesor del hormigón de limpieza es adecuado.
- La colocación y vibración del hormigón son las correctas.
- Los agotamientos entran dentro de lo previsto y se ajustan a las especificaciones del estudio geotécnico para evitar sifonamientos o daños a estructuras vecinas.
- Las juntas corresponden con las previstas en el proyecto.
- Las impermeabilizaciones previstas en el proyecto se están ejecutando correctamente.
- Es especialmente importante controlar las características de los elementos de impermeabilización y del material de relleno de trasdós.



Impermeabilización del trasdos

1.3.6. Cumplimiento de condiciones de durabilidad.

Se deberá identificar tanto en la memoria como en los planos la designación del ambiente para determinar la calidad del hormigón y en el caso de agresividad del suelo y/o agua el empleo de medidas correctoras, de acuerdo con lo establecido en el apartado 8.2 de la EHE.

Además se debe indicar en Memoria y Planos los recubrimientos mínimos, adecuados al tipo de ambiente, así como cualquier otra medida a tomar durante la ejecución de la obra.

1.4. Valoración de las comprobaciones.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre el proyecto de estructura se obtengan discrepancias importantes con los valores de las cargas en estructura o esfuerzos considerados en el proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones del dimensionamiento de los elementos de estructura, (estados límites últimos de flexión, cortante, punzonamiento, longitud de anclaje, etc.), los coeficientes de seguridad obtenidos deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE.

Sin embargo las posibles diferencias en los métodos de cálculo y simplificaciones habituales pueden llevar a obtener en la comprobación valores ligeramente inferiores del coeficiente de seguridad a los obtenidos en el diseño y dimensionamiento. En este caso, el director de obra valorará, en función del riesgo, si la baja del coeficiente de seguridad respecto del valor fijado por la normativa es aceptable o no.

Frente a estados límites últimos de flexión y flexocompresión el límite máximo aceptable sería del 10%, mientras que para e.l.u. susceptibles de producir una rotura frágil, (p.ej. punzonamiento), no parece prudente aceptar valores inferiores a un 5% al fijado por la normativa.

1.5. Conclusiones técnicas.
Conclusiones y Recomendaciones.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las Conclusiones derivadas de la evaluación del proyecto de estructuras de contención, **muros de sótano**, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la estructura, y de proyecto.

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica del Riesgo de la estructura.
- Detalles y/o elementos de riesgo en Cimentación.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución (p.ej. muros de contención más cargados, zapatas combinadas, elementos que por su complejidad conviene una inspección singular, etc.)

Por último, en el apartado Recomendaciones de la lista de comprobación, se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de revisión del proyecto de estructura y de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

Todas las comprobaciones efectuadas, además de las conclusiones y recomendaciones quedarán reflejadas en la lista de comprobación.




2. MUROS DE SÓTANO. FASE EJECUCIÓN








Ejecución muro.

2. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

2.1. Descripción del proceso de verificación.

El Programa de Control de Ejecución aprobado por la Dirección Facultativa deberá haber identificado para la ejecución de obra, la obra terminada y sus instalaciones, entre otros los siguientes aspectos, como metodología de control:

a. Niveles de control para los factores de ponderación considerados.
b. Lotes de ejecución (y de obra e instalaciones terminadas).
c. Unidades de inspección.
d. Frecuencias de comprobación.
e. Pruebas de servicio sobre obra terminada y sus instalaciones, o en fases de su ejecución (pruebas parciales o finales).

Programación

La programación del control de calidad de ejecución de la obra debe adecuarse a las particulares circunstancias del edificio y de su entorno, como de la propia obra, considerando unos posibles factores de ponderación que pueden venir a modificar dicha programación, tanto en lo relativo a la recepción de productos y equipos, como a la ejecución de la obra y la obra terminada.

Actualmente, son de aplicación niveles de control por exigencia de la EHE vigente, en los materiales y en la ejecución; distintos niveles de control, por exigencias del Libro de Control de Calidad en Obras de Edificación de Viviendas (LC-91), para distintos factores de riesgo (dimensional, estructural, sísmico, geotécnico, medio ambiental, etc.).

Por otras causas, también puede ser modificado (simplificado) el control de recepción en obra de productos y equipos, si éstos ostentan un distintivo de calidad oficialmente reconocido (certificación voluntaria). En cuanto al control de ejecución, si el contratista dispone de un plan de aseguramiento de la calidad específico para la obra o, en el mejor de los casos, si su actividad está certificada mediante un distintivo de calidad oficialmente reconocido, esto puede dar lugar a que se aplique una disminución del control de ejecución (externo) por la Dirección Facultativa.

2.2. Metodología de análisis y muestreo

2.2.1. Lotes de ejecución

Se dividirá la obra o instalación para el alcance del control en partes o lotes de ejecución, coherentes con el desarrollo previsto en el Plan de Obra (del contratista), para la ejecución de cada uno de ellos. Para ello, los lotes de ejecución se definirán e identificarán aplicando los siguientes criterios:

- Se corresponderán con partes sucesivas en el proceso de ejecución de la obra. (Plan de Obra)

- Agruparán elementos de tipología semejante, en su caso.

- Se dimensionarán teniendo en cuenta que un lote de ejecución es una parte de la obra o de una instalación, cuya ejecución es posible someter a aceptación en su conjunto (recepción por la D.F.).

Es conveniente que la identificación de los lotes de ejecución se efectúe también mediante una documentación gráfica.

Siendo para los lotes de control de la resistencia para hormigones, en función de sus solicitaciones, las siguientes restricciones según la EHE 08:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

Cuando un lote esté constituido por amasadas de hormigones en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, podrá aumentarse su tamaño multiplicando los valores de la tabla 86.5.4.1 por cinco o por dos, en función de que el nivel de garantía para el que se ha efectuado el reconocimiento sea conforme con el apartado 5.1 o con el apartado 6 del Anejo nº 19, respectivamente. En estos casos de tamaño ampliado del lote, el número mínimo de lotes será de tres correspondiendo, si es posible, cada lote a elementos incluidos en cada columna de la Tabla 86.5.4.1. En ningún caso, un lote podrá estar formado por amasadas suministradas a la obra durante un período de tiempo superior a seis semanas.

2.2.2. Definición de procesos

Definido cada lote de ejecución, se identificará la totalidad de los procesos y actividades susceptibles de ser comprobados en cada lote, por la Dirección Facultativa. Constituye una unidad de inspección la dimensión o tamaño máximo de un proceso o actividad comprobable (en general) en una visita de inspección a la obra. Así, en función de los desarrollos de procesos y actividades previstas en el Plan de Obra, en cada inspección a la obra de la Dirección Facultativa o de la Entidad de Control podrá comprobarse solo un determinado número de unidades de inspección, las cuales, pueden corresponder a uno o más lotes de ejecución.

Con los anteriores criterios se definirá el tamaño máximo o dimensión de cada unidad de inspección, según el tipo de obra.

Para esto, se pueden confeccionar listados de control asociados, como apoyo al procedimiento de verificación de los procesos y actividades de la obra y sus instalaciones.

2.2.3. Frecuencias

Para cada proceso o actividad incluida en un lote de ejecución, la Dirección Facultativa procederá a su control externo mediante un número mínimo de comprobaciones, es decir, establecerá las frecuencias de comprobación en función de los niveles de control para los factores de ponderación considerados en el Programa de Control de Ejecución y aquellos otros ordenados por la Dirección Facultativa.

Control a nivel intenso: Este nivel de control, además del control externo, exige que el Constructor posea un sistema de calidad propio, auditado de forma externa, y que la elaboración de la ferralla y los elementos prefabricados, en caso de existir, se realicen en instalaciones industriales fijas y con un sistema de certificación voluntario.

Si no se dan estas condiciones, la Dirección de Obra deberá exigir al Constructor unos procedimientos específicos para la realización de, al menos, tres inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Para este nivel de control, externo, se exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel normal: Este nivel de control externo es de aplicación general y exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel reducido: Este nivel de control externo es aplicable cuando no existe un seguimiento continuo y reiterativo de la obra y exige la realización de, al menos, una inspección por cada lote en los que se ha dividido la obra.

2.2.4. Pruebas finales

Antes de la puesta en servicio del edificio se debe comprobar que:

a) Los muros se comportan en la forma prevista en el proyecto.
b) No se aprecia que se estén superando las cargas admisibles.
c) Los asientos se ajustan a lo previsto, si, en casos especiales, así lo exige el proyecto o el Director de Obra.
d) No se han plantado árboles, cuyas raíces puedan originar cambios de humedad en el terreno, o creado zonas verdes cuyo drenaje no esté previsto en el proyecto, sobre todo en terrenos expansivos.

Si bien es recomendable controlar los movimientos del terreno para cualquier tipo de construcción, en edificios de tipo C-3 y C-4 será obligado el establecimiento de un sistema de nivelación para controlar el asiento de las zonas más características de la obra, en las siguientes condiciones:

e) El punto de referencia debe estar protegido de cualquier eventual perturbación, de forma que pueda considerarse como inmóvil, durante todo el periodo de observación.
f) El número de pilares a nivelar no será inferior al 10% del total de la edificación. En el caso de que la estructura se apoye sobre muros, se preverá un punto de observación cada 20 m de longitud, como mínimo. En cualquier caso el número mínimo de referencias de nivelación será de 4. La precisión de la nivelación será de 0,1 mm.
g) La cadencia de lecturas será la adecuada para advertir cualquier anomalía en el comportamiento de la cimentación. Es recomendable efectuarlas al completarse el 50% de la estructura al final de la misma, y al terminar la tabiquería de cada dos plantas de la edificación.
h) El resultado final de las observaciones se incorporará a la documentación de la obra.

En caso de tener que efectuar pruebas de servicio conforme al Programa de Control de Ejecución o bien por orden de la Dirección Facultativa para aceptación de un lote de ejecución o de obra terminada, éstas podrán ser realizadas por un laboratorio de control acreditado. Conocido el resultado de las pruebas se comprobará si estas son, o no, conformes con las condiciones de aceptación del proyecto (Plan de Control, Pliego de Condiciones). La Dirección Facultativa procederá a la aceptación o al rechazo del lote de ejecución.

2.2.5. Supervisión de la ejecución de la obra.

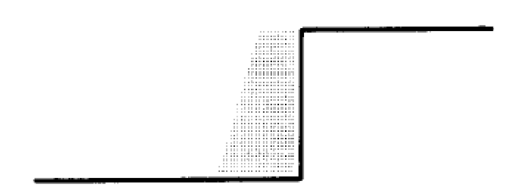
2.2.5.1. Generalidades:

1) Los elementos de contención de hormigón cumplirán los condicionantes definidos en este documento y en la instrucción EHE.
2) Durante el período de ejecución se tomarán las precauciones oportunas para asegurar la conservación en buen estado de los elementos de contención.
3) En el caso de presencia de aguas ácidas, salinas, o de agresividad potencial se tomarán las oportunas medidas. No se permitirá la presencia de sobrecargas cercanas a las cimentaciones, si no se han tenido en cuenta en el proyecto. En todo momento se debe vigilar la presencia de vías de agua.
4) En caso de observarse movimientos excesivos, debe procederse a la observación de la cimentación y del terreno circundante, de la parte enterrada de los elementos resistentes verticales y de las redes de agua potable y saneamiento, de forma que se pueda conocer la causa del fenómeno.
5) Las cargas a las que se sometan las estructuras de contención, no serán superiores a las especificadas en el proyecto.
6) Son de aplicación las comprobaciones a realizar sobre el terreno, sobre los materiales de construcción, durante la ejecución y las comprobaciones finales.
7) Es especialmente importante controlar las características de los elementos de impermeabilización y del material de relleno del trasdós.

2.2.5.2. Comprobaciones a realizar sobre el terreno.

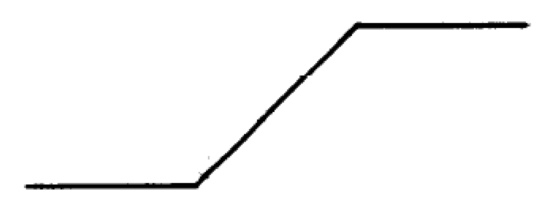
Para este caso, el vaciado se realizará sin construir previamente estructura de contención en sus paredes:

- Por corte vertical, para realizar posteriormente la estructura de contención.

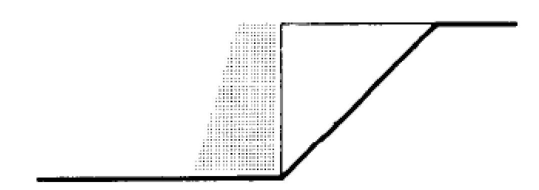


- Por corte en taludes.

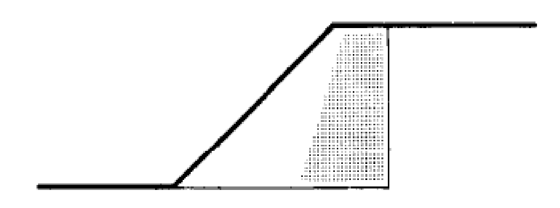
  - Dejando el talud como elemento de contención definitivo.



  - Realizando la estructura de contención por delante del talud y rellenando posteriormente su trasdós.



  - Realizando la estructura de contención por detrás del talud mediante corte por bataches.



Para la excavación de terrenos, se contemplan los siguientes tipos de terrenos en su estado inicial: Duro, medio y blando. Cuando en la excavación se encuentren mezclados los terrenos se establecerá el porcentaje de cada uno de los 3 tipos.

2.2.5.3. Comprobaciones a realizar sobre los materiales de construcción

Se comprobará que:

a) Los materiales disponibles se ajustan a lo establecido en el proyecto de edificación y son idóneos para la construcción.
b) Las resistencias son las indicadas en el proyecto.

2.2.5.4. Comprobaciones durante la ejecución

Se dedicará especial atención a comprobar que:

a) El replanteo es correcto.
b) Se han observado las dimensiones y orientaciones proyectadas.
c) Se están empleando los materiales objeto de los controles ya mencionados.
d) La compactación o colocación de los materiales asegura las resistencias del proyecto.
e) Los encofrados están correctamente colocados, y son de los materiales previstos en el proyecto.
f) Las armaduras son del tipo, número y longitud fijados en el proyecto.
g) Las armaduras de espera de los muros se encuentran correctamente situadas y tienen la longitud prevista en el proyecto.
h) Los recubrimientos son los exigidos en proyecto.
i) Los dispositivos de anclaje de las armaduras son los previstos en el proyecto.
j) La colocación y vibración del hormigón son las correctas.
k) Las vigas de atado y centradoras así como sus armaduras están correctamente situadas.
l) Los agotamientos entran dentro de lo previsto y se ajustan a las especificaciones del estudio geotécnico para evitar sifonamientos o daños a estructuras vecinas.
m) Las juntas corresponden con las previstas en el proyecto.
n) Las impermeabilizaciones previstas en el proyecto se están ejecutando correctamente.



Impermeabilizaciones.

2.3. Valoración de las comprobaciones.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre la ejecución de los elementos de contención se obtengan discrepancias importantes de los datos del proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones de: la distancia entre ejes en el replanteo; tipo, disposición, número, diámetro, longitud, doblado, separación y recubrimientos de las armaduras; vertido, compactación y curado del hormigón; separación entre armaduras y recubrimientos; separación entre cercos; radio de doblado, disposición y longitud de empalmes, solapos y anclajes; dimensiones de la excavación; planeidad de la superficie…, deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE, CTE.

A continuación, mediante una cuadro para su consulta y comprensión más rápida, se especificaran los puntos a controlar en la ejecución de los muros de sótano, diferenciando los muros por la forma de su base y separando las juntas, considerándolas igual para los dos tipos.

Controles a realizar	**Número de controles**	**Condición de no aceptación automática**
Muro de contención con base horizontal		
Replanteo, nivelado y dimensiones de zapata y fuste.	Uno cada 15m de muro y no menor de uno.	Variaciones en el replanteo y/o nivelado superiores a +-5cm. Variaciones no acumulativas en las dimensiones superiores en +- 2cm de las especificadas.
Disposición de la armadura, tipo de acero y diámetro de los redondos.	Uno cada 15m de muro y no menor de uno.	Disposición, tipo y/o diámetros, distintos de los especificados.
Consistencia de hormigón medida en el cono de Abrams y tamaño máximo del árido.	Uno cada lote de control.	Asiento inferior a 2cm o superior a 6cm para compactación por vibrado y asiento inferior a 5cm o superior a 10cm para compactación por picado con barra. Tamaño del árido superior al especificado.
Resistencia característica del hormigón.	Dos tomas de cuatro probetas por cada lote de control.	Inferior al 90% de la especificada.
Desplome del fuste medido en la cara vertical.	Uno de cada 15m de muro y no menor de uno.	Variación de +- 2cm.
Muro de contención con base inclinada		
Replanteo, nivelado y dimensiones de zapata y	Uno cada 15m de muro y	Variaciones en el replanteo y/o nivelado

fuste.	no menor de uno.	superiores a +-5cm. Variaciones no acumulativas en las dimensiones superiores en +- 2cm de las especificadas.
Disposición de la armadura, tipo de acero y diámetro de los redondos.	Uno cada 15m de muro y no menor de uno.	Disposición, tipo y/o diámetros, distintos de los especificados.
Consistencia de hormigón medida en el cono de Abrams y tamaño máximo del árido.	Uno cada lote de control.	Asiento inferior a 2cm o superior a 6cm para compactación por vibrado y asiento inferior a 5cm o superior a 10cm para compactación por picado con bara. Tamaño del árido superior al especificado.
Resistencia característica del hormigón.	Dos tomas de cuatro probetas por cada lote de control.	Inferior al 90% de la especificada.
Desplome del fuste medido en la cara vertical.	Uno de cada 15m de muro y no menor de uno.	Variación de +- 2cm.
Juntas		
Distancia entre juntas	Uno por muro	Separación entre juntas superior a 15m. Variaciones superiores a +- 30cm de la especificada.
Junta	Uno cada junta	Variaciones en el ancho de junta

		superiores a +-5mm. Ausencia de perfil, separador y/o sellado.

En cualquier caso, el técnico responsable de la verificación del trabajo valorará, en función del riesgo, si la discrepancia con los datos del proyecto es aceptable o no.

2.4. Conclusiones técnicas.

Conclusiones y Recomendaciones

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación de la ejecución de estructuras de contención, muros de sótano, para facilitar los trabajos de control de ejecución y así dejar un registro de la parte inspeccionada.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución (p.ej. zapatas más cargadas, zapatas combinadas, muros en ménsula, muros de sótano, vigas centradoras con mayores esfuerzos, elementos que por su complejidad conviene una inspección singular, etc.)

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** de la lista de comprobación se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

2.5. Informes y documentos derivados de la verificación.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactará cualquier informe que se estime necesario para facilitar los trabajos de control de ejecución, de proyecto y ejecución de estructura.

Todas las comprobaciones efectuadas, además de las conclusiones y recomendaciones quedarán reflejadas en las listas de comprobación.

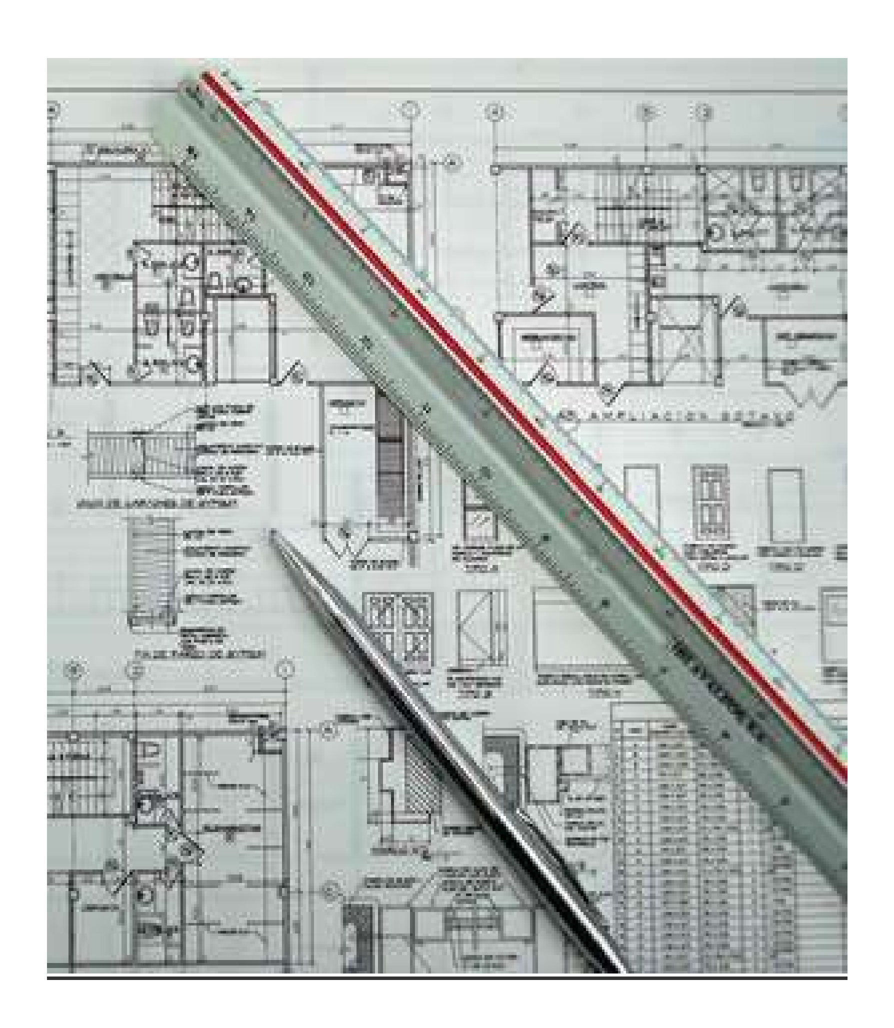




3. LOSAS. FASE PROYECTO.

.

Losa de cimentación.



3. PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE PROYECTO.

3.1. Descripción del proceso de control.

Como documentación de partida para el control del proyecto de esta unidad de obra será necesaria la siguiente documentación:

- Inspección Preliminar del Emplazamiento, del que deberán extraerse los siguientes datos:

  - Riesgos Ambientales.
  - Riesgos del terreno: Topográficos, presencia de agua, agresividad del terreno o aguas freáticas, sismicidad, especiales.
  - Riesgos por preexistentes: Descripción, estado de conservación, deterioros.
  - Riesgos por colindantes: Descripción, estado conservación, deterioros.
  - Otros riesgos: Presencia o proximidad de colectores, redes de agua, depósitos de combustible, explosivos.

- Estudio Geotécnico, del que se tomarán los siguientes datos:

    - Naturaleza del subsuelo del plano de cimentación.
    - Cota de apoyo de cimentación.
    - Tensión admisible. Coeficiente de seguridad adoptado. Asientos.
    - Agresividad del medio (agua, suelo).
    - Nivel freático por encima de la cota de cimentación. Métodos de rebajamiento del nivel freático (bombeo mediante pozos, well-point, etc.)
    - Arcillas expansivas. Empleo de medidas correctoras.
    - Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.
    - Recomendaciones que puedan ser de utilidad para la revisión del Proyecto.

- Copia del Proyecto de Ejecución, con los documentos que se indican a continuación:

    - Memoria de Cálculo.
    - Planos de Cimentación.
    - Pliego de Condiciones y Estado de Mediciones y Presupuesto.

La supervisión del proyecto de la cimentación superficial mediante losas, se realizará siguiendo la sistemática general que se define para la revisión del Proyecto de modo que se realizan las dos actividades:

- Supervisión documental de Proyecto.
- Supervisión del dimensionado.

3.2. Supervisión documental de proyecto.

3.2.1. Memoria y Anejos.

En el documento Memoria de Cálculo, se presta especial atención a:

- Normativa aplicada.
- Descripción de la cimentación.
- Tensión admisible del terreno.
- Agresividad del medio (agua, suelo).
- En zona sísmica, exigencias de arriostramiento.
- Sistema y método de cálculo empleado.
- Acciones consideradas en el cálculo.

- Hipótesis de carga realizadas y coeficientes parciales de seguridad según el nivel de control establecido.
- Características resistentes de los materiales.
- Medidas de rebajamiento del nivel freático, en el caso de que esté por encima de la cota de cimentación.
- En el caso de arcillas expansivas, medidas correctoras.
- Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con la inspección preliminar del emplazamiento y principalmente con el Estudio Geotécnico.

3.2.2. Planos.

En el documento Planos, se presta especial atención en los Planos de Cimentación a:

- Replanteo de la cimentación. Acotación a ejes o puntos fijos de pilares.
- Indicación de la cota del plano de cimentación y cota del nivel freático, en caso de afectar a la excavación.
- Replanteo de la losa, con indicación de la cuantía y disposición de armados en cada dirección, con indicación de las patillas necesarias.
- Tensión admisible del terreno.
- Cuadro de características de materiales.
- Cuadro de longitudes de anclaje-solape en función de la calidad del hormigón y del acero.
- Cuadro de esperas de pilares.
- Detalles de planos de cimentación.
    - Espesor mínimo del hormigón de limpieza. Indicación de separadores.
    - Detalle de arranques de pilares.
    - Detalle de cimentaciones para juntas de dilatación.
    - Detalle del foso de ascensor (en su caso), e interferencia con los cimientos.
    - Detalle del encuentro de la cimentación, con la red de albañales.
    - Detalle de conexión con la red de puesta a tierra. Ver planos de instalaciones.

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con el resto de los documentos del Proyecto, principalmente con el Pliego de Condiciones y el Estado de Mediciones y Presupuesto.

La consecuencia directa de la supervisión documental del Proyecto es la solicitud mediante documento escrito de aquellas deficiencias detectadas en cuanto a la definición del Proyecto.

Para la supervisión documental de Proyecto se rellenará una lista de comprobación, de modo que se verifica en los documentos del Proyecto, Memoria y Planos la existencia y adecuación de los puntos anteriores.

3.3. Supervisión del dimensionado estructural.

3.3.1. Metodología de análisis y muestreo.

La revisión de la unidad de obra objeto se realizará en base a un mínimo de elementos controlados.

Estos elementos se seleccionarán preferentemente de entre los más cargados, mayores dimensiones y/o cuantías de armado.

Se prestará especial atención a elementos o disposiciones constructivas singulares, así como aspectos detectados que por su naturaleza o situación puedan derivar en situaciones específicas de riesgo.

Se propone en general para esta unidad de obra un muestreo:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

3.3.2. Adecuación de acciones.

El análisis de la cimentación desde el Proyecto implica el estudio detallado de la misma en la memoria y los planos con la finalidad de encaminar el posterior proceso de cálculo mediante la identificación de los elementos más conflictivos antes de entrar en la comprobación de los cálculos.

Con respecto al análisis de las cargas en la Memoria de cálculo tiene el objeto de obtener el dato de las acciones consideradas en Proyecto de las cargas para, posteriormente hacer una superposición con el dato recogido en la NCSR-02. En concreto se recogen los valores de:

- Concargas:
  Peso propio

  Cargas permanentes
- Sobrecargas:
  Sobrecarga de uso

  Sobrecarga de tabiquería
- Nieve:
  En función de la altura topográfica se tomarán los valores de carga que correspondan

- Viento:
  Será considerado en las zonas en las que la ubicación del edificio sea expuesta

- Sismo:
  Será considerado en las zonas sísmicas

Consideraciones.

Si las acciones propuestas son iguales o inferiores a las de normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las reglamentarias.

Si las acciones propuestas son superiores a las de la normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las consideradas en Proyecto, previa confirmación del proyectista.

- Coeficientes de mayoración y minoración, se registrarán los considerados en Proyecto.
- Determinación de esfuerzos:
  - Combinaciones de las acciones consideradas, según el Artículo 13 “Combinación de Acciones” de la EHE.
  - Características de los materiales, se registrarán los valores de resistencia característica del hormigón y del acero.

3.3.3. Adecuación a la normativa sismorresistente.

La aplicación de la norma NCSR-02 es de obligado cumplimiento en las estructuras de edificación que nos ocupan, por lo que será preceptiva su consideración en los casos en los que lo indique la norma. En caso de no aplicarse, acogiéndose al art 1.2.3. de la citada norma, se deberá justificar tal circunstancia.

En cualquier caso deberá indicarse tanto en la Memoria como en los planos, la aceleración básica, el grado de ductilidad, disposiciones constructivas, etc.

3.3.4. Determinación de Esfuerzos.

La determinación de los esfuerzos en la cimentación se hará con arreglo a los principios de la mecánica racional, complementados en caso necesario por las teorías clásicas de la resistencia de materiales y de la elasticidad.

Las simplificaciones efectuadas sobre la estructura real para transformarla en una ideal de cálculo se describirán detalladamente, incluyendo el modelo estructural, dimensiones, características mecánicas, tipos de conexiones en nudos y condiciones de sustentación (incluidas las características del terreno).

3.3.5. Cumplimiento de condiciones de seguridad de cimentación.

Una vez obtenidos los esfuerzos de cálculo, se verificará la adecuación de la cimentación proyectada, analizando las condiciones generales de estabilidad y los estados límites últimos, verificando que se cumplen los coeficientes de seguridad exigidos por la normativa vigente.

Losas de cimentación.

Comprobaciones relacionadas con el terreno.

- Tensiones sobre el terreno. Todas las cimentaciones sobre losas se conciben en la hipótesis de que el suelo situado debajo de las mismas se halle aproximadamente en el mismo estado en que fue encontrado durante las investigaciones realizadas para estudiarlos.

- Tensiones sobre el terreno. La tensión media sobre el terreno debe ser inferior a la tensión admisible, (estudio geotécnico). La tensión máxima bajo cargas gravitatorias no debe ser superior en un **25%** a la tensión admisible. La tensión máxima bajo cargas de viento no debe ser superior en un **25%** a la tensión admisible. La tensión máxima bajo cargas de sismo no debe ser superior en un **50%** a la tensión admisible.

- Comprobación de asientos.

Comprobaciones relacionadas con la seguridad estructural.

- Comprobación a flexión. Esta comprobación deberá realizarse en dirección X e Y.

- Comprobación a esfuerzo cortante y/o punzonamiento. El primero se realizará en las direcciones X e Y de la losa.

- Comprobación de las condiciones de anclaje de la parrilla.

- Anclaje y solape de las esperas de pilares. La longitud de anclaje se consigue por prolongación recta de las armaduras para barras trabajando a compresión. Puede reducirse este valor a 2/3 de la longitud de anclaje, siempre que el recubrimiento lateral sea grande.

- En caso de que puedan existir acciones dinámicas, las longitudes de anclaje dispuestas deben aumentarse en 10 diámetros.

3.3.6. Cumplimiento de condiciones de durabilidad.

Se deberá identificar tanto en la memoria como en los planos la designación del ambiente para determinar la calidad del hormigón y en el caso de agresividad del suelo y/o agua el empleo de medidas correctoras, de acuerdo con lo establecido en el apartado 8.2 de la EHE.

Además se debe indicar en Memoria y Planos los recubrimientos mínimos, adecuados al tipo de ambiente, así como cualquier otra medida a tomar durante al ejecución de la obra.

3.4. Valoración de las comprobaciones.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre el proyecto de cimentación se obtengan discrepancias importantes con los valores de las cargas en cimentación o esfuerzos considerados en el proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones del dimensionamiento de los elementos de cimentación, (hundimiento, vuelco, estados límites últimos de flexión, cortante, punzonamiento, longitud de anclaje, etc..), los coeficientes de seguridad obtenidos deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE, o en su defecto, con los recogidos en el presente procedimiento.

Sin embargo las posibles diferencias en los métodos de cálculo y simplificaciones habituales pueden llevar a obtener en la comprobación valores ligeramente inferiores del coeficiente de seguridad a los obtenidos en el diseño y dimensionamiento. En este caso, el director de obra valorará, en función del riesgo, si la baja del coeficiente de seguridad respecto del valor fijado por la normativa es aceptable o no.

Frente a estados límites últimos de flexión y flexocompresión el límite máximo aceptable sería del 10%, mientras que para e.l.u. susceptibles de producir una rotura frágil, (p.e. punzonamiento), no parece prudente aceptar valores inferiores a un 5% al fijado por la normativa.

3.5. Conclusiones técnicas.

3.5.1. Conclusiones y Recomendaciones.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación del proyecto de cimentación superficial mediante losas, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y de proyecto y ejecución de estructura.

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica del Riesgo de la cimentación.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución.

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de revisión del proyecto de estructura y de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

Todas las comprobaciones efectuadas, además de las *conclusiones* y *recomendaciones* quedarán reflejadas en las listas de comprobación.




4.LOSAS. FASE EJECUCIÓN.



Losa de cimentación.

4. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

4.1. Descripción del proceso de verificación.

El Programa de Control de Ejecución aprobado por la Dirección Facultativa deberá haber identificado para la ejecución de obra, la obra terminada y sus instalaciones, entre otros los siguientes aspectos, como metodología de control:

a. Niveles de control para los factores de ponderación considerados
b. Lotes de ejecución (y de obra e instalaciones terminadas)
c. Unidades de inspección
d. Frecuencias de comprobación
e. Pruebas de servicio sobre obra terminada y sus instalaciones, o en fases de su ejecución (pruebas parciales o finales).

4.1.1. Programación

La programación del control de calidad de ejecución de la obra debe adecuarse a las particulares circunstancias del edificio y de su entorno, como de la propia obra, considerando unos posibles factores de ponderación que pueden venir a modificar dicha programación, tanto en lo relativo a la recepción de productos y equipos, como a la ejecución de la obra y la obra terminada.

Actualmente, son de aplicación niveles de control por exigencia de la EHE vigente, en los materiales y en la ejecución; distintos niveles de control, por exigencias del Libro de Control de Calidad en Obras de Edificación de Viviendas (LC-91), para distintos factores de riesgo (dimensional, estructural, sísmico, geotécnico, medio ambiental, etc.).

Por otras causas, también puede ser modificado (simplificado) el control de recepción en obra de productos y equipos, si éstos ostentan un distintivo de calidad oficialmente reconocido (certificación voluntaria). En cuanto al control de ejecución, si el contratista dispone de un plan de aseguramiento de la calidad específico para la obra o, en el mejor de los casos, si su actividad está certificada mediante un distintivo de calidad oficialmente reconocido, esto puede dar lugar a que se aplique una disminución del control de ejecución (externo) por la Dirección Facultativa.

4.2. Metodología de análisis y muestreo

4.2.1. Lotes de ejecución

Se dividirá la obra o instalación en partes o lotes de ejecución, coherentes con el desarrollo previsto en el Plan de Obra (del contratista), para la ejecución de cada uno de ellos. Para ello, los lotes de ejecución se definirán e identificarán aplicando los siguientes criterios:

- Se corresponderán con partes sucesivas en el proceso de ejecución de la obra. (Plan de Obra)

- Agruparán elementos de tipología semejante, en su caso.

- Se dimensionarán teniendo en cuenta que un lote de ejecución es una parte de la obra o de una instalación, cuya ejecución es posible someter a aceptación en su conjunto (recepción por la D.F.).

Es conveniente que la identificación de los lotes de ejecución se efectúe también mediante una documentación gráfica.

Siendo para los lotes de control de la resistencia para hormigones, en función de sus solicitaciones, las siguientes restricciones:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

Cuando un lote esté constituido por amasadas de hormigones en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, podrá aumentarse su tamaño multiplicando los valores de la tabla 86.5.4.1 por cinco o por dos, en función de que el nivel de garantía para el que se ha efectuado el reconocimiento sea conforme con el apartado 5.1 o con el apartado 6 del Anejo nº 19, respectivamente. En estos casos de tamaño ampliado del lote, el número mínimo de lotes será de tres correspondiendo, si es posible, cada lote a elementos incluidos en cada columna de la Tabla 86.5.4.1. En ningún caso, un lote podrá estar formado por amasadas suministradas a la obra durante un período de tiempo superior a seis semanas.



Hormigonado losa por fases.

4.2.2. Definición de procesos

Definido cada lote de ejecución, se identificará la totalidad de los procesos y actividades susceptibles de ser comprobados en cada lote, por la Dirección Facultativa. Constituye una unidad de inspección la dimensión o tamaño máximo de un proceso o actividad comprobable (en general) en una visita de inspección a la obra. Así, en función de los desarrollos de procesos y actividades previstas en el Plan de Obra, en cada inspección a la obra de la Dirección Facultativa podrá comprobarse solo un determinado número de unidades de inspección, las cuales, pueden corresponder a uno o más lotes de ejecución.

Con los anteriores criterios se definirá el tamaño máximo o dimensión de cada unidad de inspección, según el tipo de obra.

Para esto, se pueden confeccionar listados de control asociados, como apoyo al procedimiento de verificación de los procesos y actividades de la obra y sus instalaciones.

4.2.3. Frecuencias

Para cada proceso o actividad incluida en un lote de ejecución, la Dirección Facultativa procederá a su control externo mediante un número mínimo de comprobaciones, es decir, establecerá las frecuencias de comprobación en función de los niveles de control para los factores de ponderación considerados en el Programa de Control de Ejecución y aquellos otros ordenados por la Dirección Facultativa.

Control a nivel intenso: Este nivel de control, además del control externo, exige que el Constructor posea un sistema de calidad propio, auditado de forma externa, y que la elaboración de la ferralla y los elementos prefabricados, en caso de existir, se realicen en instalaciones industriales fijas y con un sistema de certificación voluntario.

Si no se dan estas condiciones, la Dirección de Obra deberá exigir al Constructor unos procedimientos específicos para la realización de, al menos, tres inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Para este nivel de control, externo, se exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel normal: Este nivel de control externo es de aplicación general y exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel reducido: Este nivel de control externo es aplicable cuando no existe un seguimiento continuo y reiterativo de la obra y exige la realización de, al menos, una inspección por cada lote en los que se ha dividido la obra.

4.2.4. Pruebas finales

Antes de la puesta en servicio del edificio se debe comprobar que:

a) La losa se comportan en la forma prevista en el proyecto;
b) No se aprecia que se estén superando las cargas admisibles;

c) Los asientos se ajustan a lo previsto, si, en casos especiales, así lo exige el proyecto o el Director de Obra;
d) No se han plantado árboles, cuyas raíces puedan originar cambios de humedad en el terreno de cimentación, o creado zonas verdes cuyo drenaje no esté previsto en el proyecto, sobre todo en terrenos expansivos.

Si bien es recomendable controlar los movimientos del terreno para cualquier tipo de construcción, en edificios de tipo C-3 y C-4 será obligado el establecimiento de un sistema de nivelación para controlar el asiento de las zonas más características de la obra, en las siguientes condiciones:

e) El punto de referencia debe estar protegido de cualquier eventual perturbación, de forma que pueda considerarse como inmóvil, durante todo el periodo de observación;
f) El número de pilares a nivelar no será inferior al 10% del total de la edificación. En el caso de que la superestructura se apoye sobre muros, se preverá un punto de observación cada 20 m de longitud, como mínimo. En cualquier caso el número mínimo de referencias de nivelación será de 4. La precisión de la nivelación será de 0,1 mm;
g) La cadencia de lecturas será la adecuada para advertir cualquier anomalía en el comportamiento de la cimentación. Es recomendable efectuarlas al completarse el 50% de la estructura al final de la misma, y al terminar la tabiquería de cada dos plantas de la edificación;
h) El resultado final de las observaciones se incorporará a la documentación de la obra.

En caso de tener que efectuar pruebas de servicio conforme al Programa de Control de Ejecución o bien por orden de la Dirección Facultativa para aceptación de un lote de ejecución o de obra terminada, éstas podrán ser realizadas por un laboratorio de control acreditado. Conocido el resultado de las pruebas se comprobará si estas son, o no, conformes con las condiciones de aceptación del proyecto (Plan de Control, Pliego de Condiciones). La Dirección Facultativa procederá a la aceptación o al rechazo del lote de ejecución.



Trabajos en losa.

4.2.5. Supervisión de la ejecución de la obra.

4.2.5.1. Generalidades:

Durante el período de ejecución se tomarán las precauciones oportunas para asegurar la conservación en buen estado de las cimentaciones.

En el caso de presencia de aguas ácidas, salinas, o de agresividad potencial se tomarán las oportunas medidas. No se permitirá la presencia de sobrecargas cercanas a las cimentaciones, si no se han tenido en cuenta en el proyecto. En todo momento se debe vigilar la presencia de vías de agua, por el posible descarnamiento que puedan dar lugar bajo las cimentaciones. En el caso en que se construyan edificaciones próximas, deben tomarse las oportunas medidas que permitan garantizar el mantenimiento intacto del terreno y de sus propiedades tenso-deformacionales.

La observación de asientos excesivos puede ser una advertencia del mal estado de la losa (ataques de aguas selenitosas, desmoronamiento por socavación, etc.); de la parte enterrada de pilares y muros o de las redes de agua potable y de saneamiento. En tales casos debe procederse a la observación de la cimentación y del terreno circundante, de la parte enterrada de los elementos resistentes verticales y de las redes de agua potable y saneamiento, de forma que se pueda conocer la causa del fenómeno.

En edificación cimentada de forma directa no se harán obras nuevas sobre la cimentación que pueda poner en peligro su seguridad, tales como:

a) Perforaciones que reduzcan su capacidad resistente;

b) Pilares u otro tipo de cargaderos que trasmitan cargas importantes;
c) Excavaciones importantes en sus proximidades u otras obras que pongan en peligro su estabilidad.

Las cargas a las que se sometan las cimentaciones, en especial las dispuestas sobre los sótanos, no serán superiores a las especificadas en el proyecto. Para ello los sótanos no deben dedicarse a otro uso que para el que fueran proyectados. No se almacenarán materiales que puedan ser dañinos para los hormigones.

Cualquier modificación de las prescripciones descritas de los dos párrafos anteriores debe ser autorizada por el Director de Obra e incluida en el proyecto.

4.2.5.2. Comprobaciones a realizar sobre el terreno de cimentación

Antes de proceder a la ejecución de la cimentación se realizará la confirmación del estudio geotécnico. Se comprobará visualmente, o mediante las pruebas que se juzguen oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con las previsiones del proyecto. El resultado de tal inspección, definiendo la profundidad de la cimentación de cada uno de los apoyos de la obra, su forma y dimensiones, y el tipo y consistencia del terreno se incorporará a la documentación final de obra. Estos planos quedarán incorporados a la documentación de la obra acabada.

En particular se debe comprobar que:

a) El nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y apreciablemente la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico;
b) El nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas;
c) El terreno presenta apreciablemente una resistencia y humedad similar a la supuesta en el estudio geotécnico;
d) No se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc.;
e) No se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres;

4.2.5.3. Comprobaciones a realizar sobre los materiales de construcción

Se comprobará que:

a) Los materiales disponibles se ajustan a lo establecido en el proyecto de edificación y son idóneos para la construcción;
b) Las resistencias son las indicadas en el proyecto.

4.2.5.4. Comprobaciones durante la ejecución

Se dedicará especial atención a comprobar que:

a) El replanteo es correcto;
b) Se han observado las dimensiones y orientaciones proyectadas;
c) Se están empleando los materiales objeto de los controles ya mencionados;
d) La compactación o colocación de los materiales asegura las resistencias del proyecto;
e) Los encofrados están correctamente colocados, y son de los materiales previstos en el proyecto;
f) Las armaduras son del tipo, número y longitud fijados en el proyecto;
g) Las armaduras de espera de pilares u otros elementos se encuentran correctamente situadas y tienen la longitud prevista en el proyecto;
h) Los recubrimientos son los exigidos en proyecto;
i) Los dispositivos de anclaje de las armaduras son los previstos en el proyecto;
j) El espesor del hormigón de limpieza es adecuado;
k) La colocación y vibración del hormigón son las correctas;
l) Se está cuidando que la ejecución de la losa no altere el estado de cimentaciones contiguas, ya sean también nuevas o existentes;
m) Las vigas de atado y centradoras si existieran, así como sus armaduras están correctamente situadas;
n) Los agotamientos entran dentro de lo previsto y se ajustan a las especificaciones del estudio geotécnico para evitar sifonamientos o daños a estructuras vecinas;
o) Las juntas corresponden con las previstas en el proyecto;
p) Las impermeabilizaciones previstas en el proyecto se están ejecutando correctamente.

4.3. Valoración de las comprobaciones.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre la ejecución de losas de cimentación se obtengan discrepancias importantes de los datos del proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones de: la distancia entre ejes en el replanteo; espesor de la capa de hormigón de limpieza; tipo, disposición, número, diámetro, longitud, doblado, separación y recubrimientos de las armaduras; vertido, compactación y curado del hormigón; tipo de acero, diámetro, colocación y número de armaduras en vigas de cimentación; separación entre armaduras y recubrimientos; separación entre cercos; radio de doblado, disposición y longitud de empalmes, solapos y anclajes; dimensiones de la excavación; planeidad de la superficie…, deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE, CTE.



Trabajos de ferrallado en losa.

Mediante un cuadro clarificador, se explican las pruebas de control necesarias a realizar en la ejecución de las losas de cimentación para su control

.

Criterios de aceptación y rechazo en Losas de cimentación		
Controles a realizar en losas de cimentación	**Número de controles**	**Condición de no aceptación**
Disposición de las armaduras, tipo de acero y diámetro de las barras en cada banda y tramo.	Uno cada 100 m2 de losa.	Disposición tipo y/o diámetros distintos de los especificados. La primera capa de armaduras no está separada del hormigón de limpieza 5cm.
Hormigón de limpieza	Cada 50m de perímetro.	No existe o es de espesor inferior al especificado.
Canto de la losa	Cada 50m de perímetro.	Inferior al especificado o superior en 0.5cm.
• Se comprobará que las distancias entre los ejes de soportes en el replanteo no sufran variaciones respecto de las especificadas.		
• Vertido del hormigón no superior a 150cm y tongadas según lo especificado.		
• La compactación y el curado del hormigón se realizará según lo especificado.		
• Se reconocerá el terreno visualmente, comprobándose: - Que los estratos atravesados han sido los previstos. - Que coincide el nivel freático con el previsto. - La existencia o no de corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres.		



Distintas fases en la ejecución de una losa.

En cualquier caso, la dirección facultativa valorará, en función del riesgo, si la discrepancia con los datos del proyecto es aceptable o no.

4.4. Conclusiones técnicas.

Conclusiones y Recomendaciones

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las *Conclusiones* derivadas de la evaluación de la ejecución de cimentación superficial mediante losas, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y así dejar un registro de la parte inspeccionada.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución.

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

4.5. Informes y documentos derivados de la verificación.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán los Informes y documentos derivados de la evaluación del proyecto de cimentación superficial mediante **losas de cimentación**, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y de proyecto y ejecución de estructura.

Todas las comprobaciones efectuadas, además de las conclusiones y recomendaciones quedarán reflejadas en las listas de comprobación.

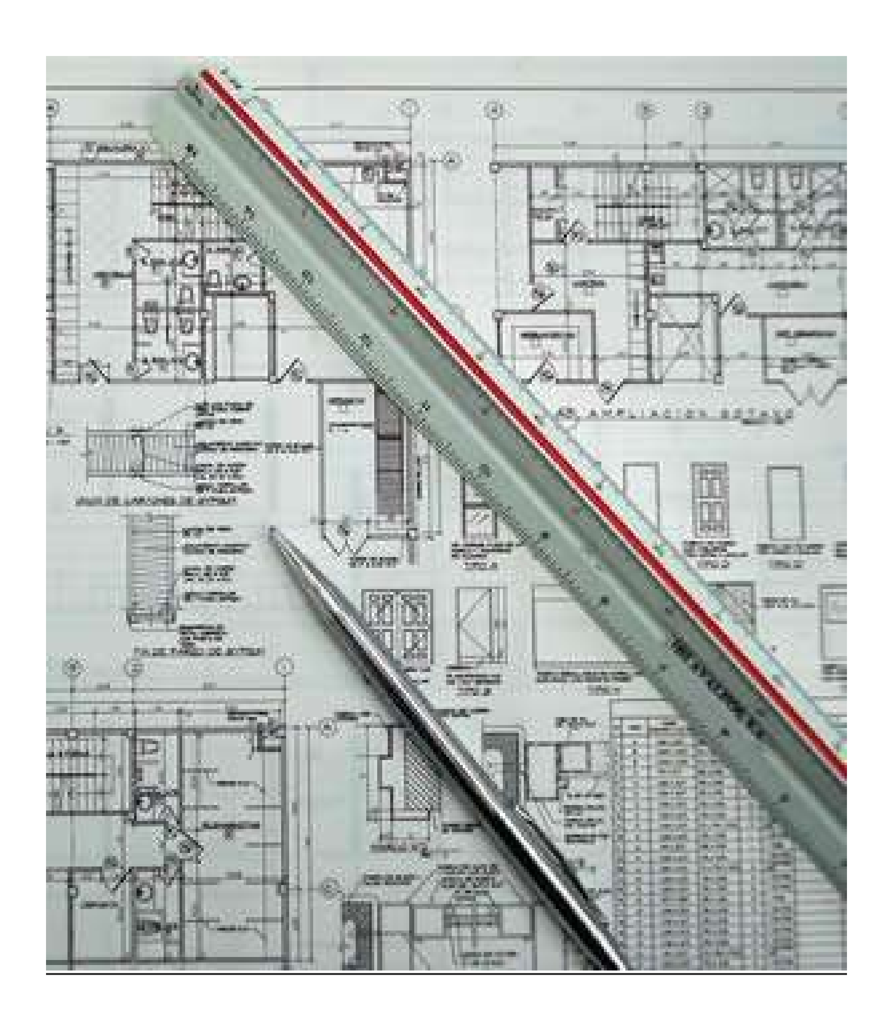
5. ZAPATAS CORRIDAS. FASE PROYECTO.

ÍNDICE



Zapatas corridas.



5. PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE PROYECTO.

5.1 Descripción del proceso de control.

Como documentación de partida para el control del proyecto de esta unidad de obra será necesaria la siguiente documentación:

- Inspección Preliminar del Emplazamiento, del que deberán extraerse los siguientes datos:
  - Riesgos Ambientales.
  - Riesgos del terreno: Topográficos, presencia de agua, agresividad del terreno o aguas freáticas, sismicidad, especiales.
  - Riesgos por preexistentes: Descripción, estado de conservación, deterioros.
  - Riesgos por colindantes: Descripción, estado conservación, deterioros.

- Otros riesgos: Presencia o proximidad de colectores, redes de agua, depósitos de combustible, explosivos.

- Estudio Geotécnico, del que se tomarán los siguientes datos:

  - Naturaleza del subsuelo del plano de cimentación.
  - Cota de apoyo de cimentación.
  - Tensión admisible. Coeficiente de seguridad adoptado. Asientos.
  - Agresividad del medio (agua, suelo).
  - Nivel freático por encima de la cota de cimentación. Métodos de rebajamiento del nivel freático (bombeo mediante pozos, well-point, etc.)
  - Arcillas expansivas. Empleo de medidas correctoras.
  - Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.
  - Recomendaciones que puedan ser de utilidad para la revisión del Proyecto.

- Copia del Proyecto de Ejecución, con los documentos que se indican a continuación:

  - Memoria de Cálculo.
  - Planos de Cimentación.
  - Pliego de Condiciones y Estado de Mediciones y Presupuesto.

La supervisión del proyecto de la cimentación superficial mediante zapatas corridas, se realizará siguiendo la sistemática general que se define para la revisión del Proyecto de modo que se realizan las dos actividades:

- Supervisión documental de Proyecto.
- Supervisión del dimensionado.

5.2 Supervisión documental de proyecto.

5.2.1 Memoria y Anejos.

En el documento Memoria de Cálculo, se presta especial atención a:

- Normativa aplicada.
- Descripción de la cimentación.
- Tensión admisible del terreno.
- Agresividad del medio (agua, suelo).
- En zona sísmica, exigencias de arriostramiento.

- Sistema y método de cálculo empleado.
- Acciones consideradas en el cálculo.
- Hipótesis de carga realizadas y coeficientes parciales de seguridad según el nivel de control establecido.
- Características resistentes de los materiales.
- Medidas de rebajamiento del nivel freático, en el caso de que esté por encima de la cota de cimentación.
- En el caso de arcillas expansivas, medidas correctoras.
- Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.

5.2.2 Planos.

En el documento Planos, se presta especial atención en los Planos de Cimentación a:

- Replanteo de la cimentación. Acotación a ejes o puntos fijos de pilares.
- Indicación de la cota del plano de cimentación y cota del nivel freático, en caso de afectar a la excavación.
- Cuadro de zapatas, con indicación de la cuantía y disposición de armados en cada dirección, con indicación de las patillas necesarias, en su caso. Indicación clara de los ejes considerados para evitar errores de interpretación.
- Tensión admisible del terreno.
- Cuadro de características de materiales.
- Cuadro de longitudes de anclaje-solape en función de la calidad del hormigón y del acero.
- Cuadro de esperas de pilares.
- Detalles de planos de cimentación.
  - Espesor mínimo del hormigón de limpieza. Indicación de separadores.
  - Detalle del armado de vigas de atado y vigas centradoras. Secciones tipo.
  - Encuentros de vigas de atado y centradoras en los elementos de cimentación.
  - Detalle de arranques de pilares.
  - Detalle de cimentaciones para juntas de dilatación en estructura, juntas en “diapasón”.
  - Detalle del foso de ascensor (en su caso), e interferencia con los cimientos.
  - Detalle del encuentro de la cimentación (vigas), con la red de albañales.
  - Detalle de conexión con la red de puesta a tierra. Ver planos de instalaciones.

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con el resto de los documentos del Proyecto, principalmente con el Pliego de Condiciones y el Estado de Mediciones y Presupuesto.

La consecuencia directa de la supervisión documental del Proyecto es la solicitud mediante documento escrito de aquellas deficiencias detectadas en cuanto a la definición del Proyecto.

Para la supervisión documental de Proyecto se rellenará una lista de comprobación, de modo que se verifica en los documentos del Proyecto Memoria y Planos la existencia y adecuación de los puntos anteriores.

5.3 Supervisión del dimensionado estructural.

5.3.1 Metodología de análisis y muestreo.

La revisión de la unidad de obra objeto zapatas corridas, se realizará en base a un mínimo de elementos.

Estos elementos se seleccionarán preferentemente de entre los más cargados, mayores dimensiones y/o cuantías de armado.

Se prestará especial atención a elementos o disposiciones constructivas singulares, así como aspectos detectados que por su naturaleza o situación puedan derivar en situaciones específicas de riesgo.

Se propone en general para esta unidad de obra un muestreo:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

5.3.2 Adecuación de acciones.

El análisis de la cimentación desde el Proyecto implica el estudio detallado de la misma en la memoria y los planos con la finalidad de encaminar el posterior proceso de cálculo mediante la identificación de los elementos más conflictivos antes de entrar en la comprobación de los cálculos.

Con respecto al análisis de las cargas en la Memoria de cálculo tiene el objeto de obtener el dato de las acciones consideradas en Proyecto de las cargas para, posteriormente hacer una superposición con el dato recogido en la NCSR-02. En concreto se recogen los valores de:

- Concargas:
  Peso propio

  Cargas permanentes

- Sobrecargas:
  Sobrecarga de uso

  Sobrecarga de tabiquería

- Nieve:
  En función de la altura topográfica se tomarán los valores de carga que correspondan.

- Viento:
  Será considerado en las zonas en las que la ubicación del edificio sea expuesta

- Sismo:
  Será considerado en las zonas sísmicas

Consideraciones.

Si las acciones propuestas son iguales o inferiores a las de normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las reglamentarias.

Si las acciones propuestas son superiores a las de la normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las consideradas en Proyecto, previa confirmación del proyectista.

- Coeficientes de mayoración y minoración, se registrarán los considerados en Proyecto.
- Determinación de esfuerzos:
  - Combinaciones de las acciones consideradas, según el Artículo 13 “Combinación de Acciones” de la EHE.
  - Características de los materiales, se registrarán los valores de resistencia característica del hormigón y del acero.

5.3.3 Adecuación a la normativa sismorresistente.

La aplicación de la norma NCSR-02 es de obligado cumplimiento en las estructuras de edificación que nos ocupan, por lo que será preceptiva su consideración en los casos en los que lo indique la norma. En caso de no aplicarse, acogiéndose al art. 1.2.3. de la citada norma, se deberá justificar tal circunstancia.

En cualquier caso deberá indicarse tanto en la Memoria como en los planos, la aceleración básica, el grado de ductilidad, disposiciones constructivas, etc.

5.3.4 Determinación de Esfuerzos.

La determinación de los esfuerzos en la cimentación se hará con arreglo a los principios de la mecánica racional, complementados en caso necesario por las teorías clásicas de la resistencia de materiales y de la elasticidad.

Las simplificaciones efectuadas sobre la estructura real para transformarla en una ideal de cálculo se describirán detalladamente, incluyendo el modelo estructural, dimensiones, características mecánicas, tipos de conexiones en nudos y condiciones de sustentación (incluidas las características del terreno).

5.3.5 Cumplimiento de condiciones de seguridad de cimentación.

Una vez obtenidos los esfuerzos de cálculo, se verificará la adecuación de la cimentación proyectada, analizando las condiciones generales de estabilidad y los estados límites últimos, verificando que se cumplen los coeficientes de seguridad exigidos por la normativa vigente.



Vista de zapatas ejecutadas.

Zapatas corridas centradas y/o excéntricas.

Comprobaciones relacionadas con el terreno.

- Tensiones sobre el terreno. Todas las cimentaciones directas sobre zapatas se conciben en la hipótesis de que el suelo situado debajo de las mismas se halle aproximadamente en el mismo estado en que fue encontrado durante las investigaciones realizadas para estudiarlos. Si dentro de la zona que pudiera quedar afectada por la zapata se encuentran puntos excepcionalmente blandos, debe proyectarse de nuevo la zapata.

- Tensiones sobre el terreno. La tensión media sobre el terreno debe ser inferior a la tensión admisible, (estudio geotécnico). La tensión máxima bajo cargas gravitatorias no debe ser superior en un **25%** a la tensión admisible. La tensión máxima bajo cargas de viento no debe ser superior en un **25%** a la tensión admisible. La tensión máxima bajo cargas de sismo no debe ser superior en un **50%** a la tensión admisible.

- Coeficiente de seguridad a vuelco. Este valor deberá ser como mínimo de **1,8** para acciones frecuentes, reduciéndose a **1,5** para combinaciones con acciones infrecuentes y **1,2** en el caso de sismo. En caso de zapatas excéntricas con vigas centradoras no es necesario realizar la comprobación a vuelco en el sentido de la viga.

- Comprobación de asientos.

Comprobaciones relacionadas con la seguridad estructural.

- Comprobación a flexión. Esta comprobación deberá realizarse en dirección X e Y. Como mínimo se debe disponer la cuantía mecánica de flexión, (0,04 Uc), por condiciones de no fragilidad. Artículo 42.3.2. EHE.

- Comprobación a esfuerzo cortante y/o punzonamiento. El primero se realizará en las direcciones X e Y de la zapata.

- Comprobación de las condiciones de anclaje de la parrilla.

- Anclaje y solape de las esperas de pilares. La longitud de anclaje se consigue por prolongación recta de las armaduras para barras trabajando a compresión. Puede reducirse este valor a 2/3 de la longitud de anclaje, siempre que el recubrimiento lateral sea grande, (excepto zapatas de esquina y medianería).

- En caso de que puedan existir acciones dinámicas, (p.ej. sismo), las longitudes de anclaje dispuestas deben aumentarse en 10 diámetros.

Vigas de atado.

- Comprobación de la armadura necesaria frente a axil. La viga de atado debe dimensionarse para un 5% (1/20) de la carga axil de cálculo del soporte más cargado de los dos que une. En compresión se puede considerar que trabaja la sección nominal de hormigón, (0,85 Ac fcd), mientras que en tracción trabaja únicamente la armadura.

- Comprobación de las condiciones de anclaje de la armadura longitudinal de la viga. Deben anclarse en ambas zapatas la longitud de anclaje, lbII, a partir del soporte.

- En caso de que puedan existir acciones dinámicas, (p.ej. sismo), las longitudes de anclaje dispuestas deben aumentarse en 10 diámetros.

Vigas centradoras.

- Comprobación de la cuantía geométrica mínima de armadura en la cara traccionada. Conforme a tabla del artículo 42.3.5. EHE. Mínimo del 3,3 por mil para B 400 S y 2,8 por mil para B 500 S.

- Cuantía mínima a flexión. Como mínimo se debe disponer 0,04 Uc, por condiciones de no fragilidad. Artículo 42.3.2. EHE.

- Comprobación de la armadura necesaria por cálculo a flexión.

- Comprobación de la armadura necesaria por cálculo a cortante.

- Comprobación de las condiciones de anclaje de la armadura longitudinal de la viga. Armadura superior, intermedia e inferior. En el soporte centrado se debe anclar la armadura superior, a partir del eje, una fuerza igual al cortante de cálculo. La armadura de montaje (en su caso) y de piel se introduce en la zapata su longitud de anclaje (lbI). La armadura superior se corta donde deja de ser necesaria, anclándose a partir de ese punto, (lbII). El resto se ancla a partir del eje del pilar.

- En caso de que puedan existir acciones dinámicas, (p.ej. sismo), las longitudes de anclaje dispuestas deben aumentarse en 10 diámetros.

5.3.6 Cumplimiento de condiciones de durabilidad.

Se deberá identificar tanto en la memoria como en los planos la designación del ambiente para determinar la calidad del hormigón y en el caso de agresividad del suelo y/o agua el empleo de medidas correctoras, de acuerdo con lo establecido en el apartado 8.2 de la EHE.

Además se debe indicar en Memoria y Planos los recubrimientos mínimos, adecuados al tipo de ambiente, así como cualquier otra medida a tomar durante al ejecución de la obra.

5.4Valoración de las comprobaciones.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre el proyecto de cimentación se obtengan discrepancias importantes con los valores de las cargas en cimentación o esfuerzos considerados en el proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones del dimensionamiento de los elementos de cimentación, (hundimiento, vuelco, estados límites últimos de flexión, cortante, punzonamiento, longitud de anclaje, etc..), los coeficientes de seguridad obtenidos deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE.

Sin embargo las posibles diferencias en los métodos de cálculo y simplificaciones habituales pueden llevar a obtener en la comprobación valores ligeramente inferiores del coeficiente de seguridad a los obtenidos en el diseño y dimensionamiento. En este caso, la dirección facultativa valorará, en función del riesgo, si la baja del coeficiente de seguridad respecto del valor fijado por la normativa es aceptable o no.

Frente a estados límites últimos de flexión y flexocompresión el límite máximo aceptable sería del 10%, mientras que para e.l.u. susceptibles de producir una rotura frágil, (p.e. punzonamiento), no parece prudente aceptar valores inferiores a un 5% al fijado por la normativa.

5.5 Conclusiones técnicas.

5.5.1 Conclusiones y Recomendaciones.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación del proyecto de cimentación superficial mediante zapatas corridas, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y de proyecto y ejecución de estructura.

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica del Riesgo de la cimentación.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución (p.ej. zapatas más cargadas, zapatas combinadas, vigas centradoras con mayores esfuerzos, elementos que por su complejidad conviene una inspección singular, etc.)

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de revisión del proyecto de estructura y de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

6..ZAPATAS CORRIDAS. FASE EJECUCIÓN.

ÍNDICE



Zapatas corridas.

6. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

6.1 Descripción del proceso de verificación.

El Programa de Control de Ejecución aprobado por la Dirección Facultativa deberá haber identificado para la ejecución de obra, la obra terminada y sus instalaciones, entre otros los siguientes aspectos, como metodología de control:

a. Niveles de control para los factores de ponderación considerados
b. Lotes de ejecución (y de obra e instalaciones terminadas)
c. Unidades de inspección
d. Frecuencias de comprobación
e. Pruebas de servicio sobre obra terminada y sus instalaciones, o en fases de su ejecución (pruebas parciales o finales).

6.1.1 Programación

La programación del control de calidad de ejecución de la obra debe adecuarse a las particulares circunstancias del edificio y de su entorno, como de la propia obra, considerando unos posibles factores de ponderación que pueden venir a modificar dicha programación, tanto en lo relativo a la recepción de productos y equipos, como a la ejecución de la obra y la obra terminada.

Actualmente, son de aplicación niveles de control por exigencia de la EHE vigente, en los materiales y en la ejecución; distintos niveles de control, por exigencias del Libro de Control de Calidad en Obras de Edificación de Viviendas (LC-91), para distintos factores de riesgo (dimensional, estructural, sísmico, geotécnico, medio ambiental, etc.).

Por otras causas, también puede ser modificado (simplificado) el control de recepción en obra de productos y equipos, si éstos ostentan un distintivo de calidad oficialmente reconocido (certificación voluntaria). En cuanto al control de ejecución, si el contratista dispone de un plan de aseguramiento de la calidad específico para la obra o, en el mejor de los casos, si su actividad está certificada mediante un distintivo de calidad oficialmente reconocido, esto puede dar lugar a que se aplique una disminución del control de ejecución (externo) por la Dirección Facultativa.

6.2 Metodología de análisis y muestreo

6.2.1 Lotes de ejecución

Se dividirá la obra o instalación en partes o lotes de ejecución, coherentes con el desarrollo previsto en el Plan de Obra (del contratista), para la ejecución de cada uno de ellos. Para ello, los lotes de ejecución se definirán e identificarán aplicando los siguientes criterios:

- Se corresponderán con partes sucesivas en el proceso de ejecución de la obra. (Plan de Obra)

- Agruparán elementos de tipología semejante, en su caso.

- Se dimensionarán teniendo en cuenta que un lote de ejecución es una parte de la obra o de una instalación, cuya ejecución es posible someter a aceptación en su conjunto (recepción por la D.F.).

Es conveniente que la identificación de los lotes de ejecución se efectúe también mediante una documentación gráfica.

Siendo para los lotes de control de la resistencia para hormigones, en función de sus solicitaciones, las siguientes restricciones:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

Cuando un lote esté constituido por amasadas de hormigones en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, podrá aumentarse su tamaño multiplicando los valores de la tabla 86.5.4.1 por cinco o por dos, en función de que el nivel de garantía para el que se ha efectuado el reconocimiento sea conforme con el apartado 5.1 o con el apartado 6 del Anejo nº 19, respectivamente. En estos casos de tamaño ampliado del lote, el número mínimo de lotes será de tres correspondiendo, si es posible, cada lote a elementos incluidos en cada columna de la Tabla 86.5.4.1. En ningún caso, un lote podrá estar formado por amasadas suministradas a la obra durante un período de tiempo superior a seis semanas.

6.2.2 Definición de procesos

Definido cada lote de ejecución, se identificará la totalidad de los procesos y actividades susceptibles de ser comprobados en cada lote, por la Dirección Facultativa. Constituye una unidad de inspección la dimensión o tamaño máximo de un proceso o actividad comprobable (en general) en una visita de inspección a la obra. Así, en función de los desarrollos de procesos y actividades previstas en el Plan de Obra, en cada inspección a la obra de la Dirección podrá comprobarse solo un determinado número de unidades de inspección, las cuales, pueden corresponder a uno o más lotes de ejecución.

Con los anteriores criterios se definirá el tamaño máximo o dimensión de cada unidad de inspección, según el tipo de obra.

Para esto, se pueden confeccionar listados de control asociados, como apoyo al procedimiento de verificación de los procesos y actividades de la obra y sus instalaciones.

6.2.3 Frecuencias

Para cada proceso o actividad incluida en un lote de ejecución, la Dirección Facultativa procederá a su control externo mediante un número mínimo de comprobaciones, es decir, establecerá las frecuencias de comprobación en función de los niveles de control para los factores de ponderación considerados en el Programa de Control de Ejecución y aquellos otros ordenados por la Dirección Facultativa.

Control a nivel intenso: Este nivel de control, además del control externo, exige que el Constructor posea un sistema de calidad propio, auditado de forma externa, y que la elaboración de la ferralla y los elementos prefabricados, en caso de existir, se realicen en instalaciones industriales fijas y con un sistema de certificación voluntario.

Si no se dan estas condiciones, la Dirección de Obra deberá exigir al Constructor unos procedimientos específicos para la realización de, al menos, tres inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Para este nivel de control, externo, se exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel normal: Este nivel de control externo es de aplicación general y exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel reducido: Este nivel de control externo es aplicable cuando no existe un seguimiento continuo y reiterativo de la obra y exige la realización de, al menos, una inspección por cada lote en los que se ha dividido la obra.

6.2.4 Pruebas finales

Antes de la puesta en servicio del edificio se debe comprobar que:

a) Las zapatas se comportan en la forma prevista en el proyecto;
b) No se aprecia que se estén superando las cargas admisibles;
c) Los asientos se ajustan a lo previsto, si, en casos especiales, así lo exige el proyecto o el Director de Obra;
d) No se han plantado árboles, cuyas raíces puedan originar cambios de humedad en el terreno de cimentación, o creado zonas verdes cuyo drenaje no esté previsto en el proyecto, sobre todo en terrenos expansivos.

Si bien es recomendable controlar los movimientos del terreno para cualquier tipo de construcción, en edificios de tipo C-3 y C-4 será obligado el establecimiento de un sistema de nivelación para controlar el asiento de las zonas más características de la obra, en las siguientes condiciones:

e) El punto de referencia debe estar protegido de cualquier eventual perturbación, de forma que pueda considerarse como inmóvil, durante todo el periodo de observación;
f) El número de pilares a nivelar no será inferior al 10% del total de la edificación. En el caso de que la estructura se apoye sobre muros, se

preverá un punto de observación cada 20 m de longitud, como mínimo. En cualquier caso el número mínimo de referencias de nivelación será de 4. La precisión de la nivelación será de 0,1 mm;

g) La cadencia de lecturas será la adecuada para advertir cualquier anomalía en el comportamiento de la cimentación. Es recomendable efectuarlas al completarse el 50% de la estructura al final de la misma, y al terminar la tabiquería de cada dos plantas de la edificación;
h) El resultado final de las observaciones se incorporará a la documentación de la obra.

En caso de tener que efectuar pruebas de servicio conforme al Programa de Control de Ejecución o bien por orden de la Dirección Facultativa para aceptación de un lote de ejecución o de obra terminada, éstas podrán ser realizadas por un laboratorio de control acreditado. Conocido el resultado de las pruebas se comprobará si estas son, o no, conformes con las condiciones de aceptación del proyecto (Plan de Control, Pliego de Condiciones). La Dirección Facultativa procederá a la aceptación o al rechazo del lote de ejecución.

6.2.5 Supervisión de la ejecución de la obra.

6.2.5.1 Generalidades:

Durante el período de ejecución se tomarán las precauciones oportunas para asegurar la conservación en buen estado de las cimentaciones.

En el caso de presencia de aguas ácidas, salinas, o de agresividad potencial se tomarán las oportunas medidas. No se permitirá la presencia de sobrecargas cercanas a las cimentaciones, si no se han tenido en cuenta en el proyecto. En todo momento se debe vigilar la presencia de vías de agua, por el posible descarnamiento que puedan dar lugar bajo las cimentaciones. En el caso en que se construyan edificaciones próximas, deben tomarse las oportunas medidas que permitan garantizar el mantenimiento intacto del terreno y de sus propiedades tenso-deformacionales.

La observación de asientos excesivos puede ser una advertencia del mal estado de las zapatas (ataques de aguas selenitosas, desmoronamiento por socavación, etc.); de la parte enterrada de pilares y muros o de las redes de agua potable y de saneamiento. En tales casos debe procederse a la observación de la cimentación y del terreno circundante, de la parte enterrada

de los elementos resistentes verticales y de las redes de agua potable y saneamiento, de forma que se pueda conocer la causa del fenómeno.

En edificación cimentada de forma directa no se harán obras nuevas sobre la cimentación que pueda poner en peligro su seguridad, tales como:

a) Perforaciones que reduzcan su capacidad resistente;
b) Pilares u otro tipo de cargaderos que trasmitan cargas importantes;
c) Excavaciones importantes en sus proximidades u otras obras que pongan en peligro su estabilidad.

Las cargas a las que se sometan las cimentaciones, en especial las dispuestas sobre los sótanos, no serán superiores a las especificadas en el proyecto. Para ello los sótanos no deben dedicarse a otro uso que para el que fueran proyectados. No se almacenarán materiales que puedan ser dañinos para los hormigones.

Cualquier modificación de las prescripciones descritas de los dos párrafos anteriores debe ser autorizada por el Director de Obra e incluida en el proyecto.

6.2.5.2 Comprobaciones a realizar sobre el terreno de cimentación

Antes de proceder a la ejecución de la cimentación se realizará la confirmación del estudio geotécnico. Se comprobará visualmente, o mediante las pruebas que se juzguen oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con las previsiones del proyecto. El resultado de tal inspección, definiendo la profundidad de la cimentación de cada uno de los apoyos de la obra, su forma y dimensiones, y el tipo y consistencia del terreno se incorporará a la documentación final de obra. Estos planos quedarán incorporados a la documentación de la obra acabada.

En particular se debe comprobar que:

a) El nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y apreciablemente la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico;
b) El nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas;
c) El terreno presenta apreciablemente una resistencia y humedad similar a la supuesta en el estudio geotécnico;
d) No se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc.;

e) No se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres;



Comprobaciones de la excavación.

6.2.5.3 Comprobaciones a realizar sobre los materiales de construcción

Se comprobará que:

a) Los materiales disponibles se ajustan a lo establecido en el proyecto de edificación y son idóneos para la construcción;
b) Las resistencias son las indicadas en el proyecto.

6.2.5.4 Comprobaciones durante la ejecución

Se dedicará especial atención a comprobar que:

a) El replanteo es correcto;
b) Se han observado las dimensiones y orientaciones proyectadas;
c) Se están empleando los materiales objeto de los controles ya mencionados;
d) La compactación o colocación de los materiales asegura las resistencias del proyecto;
e) Los encofrados están correctamente colocados, y son de los materiales previstos en el proyecto;
f) Las armaduras son del tipo, número y longitud fijados en el proyecto;

g) Las armaduras de espera de pilares u otros elementos se encuentran correctamente situadas y tienen la longitud prevista en el proyecto;
h) Los recubrimientos son los exigidos en proyecto;
i) Los dispositivos de anclaje de las armaduras son los previstos en el proyecto;
j) El espesor del hormigón de limpieza es adecuado;
k) La colocación y vibración del hormigón son las correctas;
l) Se está cuidando que la ejecución de nuevas zapatas no altere el estado de las contiguas, ya sean también nuevas o existentes;
m) Las vigas de atado y centradoras así como sus armaduras están correctamente situadas;
n) Los agotamientos entran dentro de lo previsto y se ajustan a las especificaciones del estudio geotécnico para evitar sifonamientos o daños a estructuras vecinas;
o) Las juntas corresponden con las previstas en el proyecto;
p) Las impermeabilizaciones previstas en el proyecto se están ejecutando correctamente.



Ejecución de zapatas.

6.3 Valoración de las comprobaciones.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre la ejecución de las zapatas corridas se obtengan discrepancias importantes de los datos del proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones de: la distancia entre ejes en el replanteo; espesor de la capa de hormigón de limpieza; tipo, disposición, número, diámetro, longitud, doblado, separación y recubrimientos de las armaduras; vertido, compactación y curado del hormigón; tipo de acero, diámetro, colocación y número de armaduras en vigas de cimentación; separación entre armaduras y recubrimientos; separación entre cercos; radio de doblado, disposición y longitud de empalmes, solapos y anclajes; dimensiones de la excavación; planeidad de la superficie…, deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE.

A continuación y mediante el cuadro explicativo se añaden los controles a realizar durante la ejecución de las zapatas corridas para una correcta supervisión de los trabajos.

<table>
<tr><th colspan="3">Criterios de aceptación y rechazo en zapatas corridas.</th></tr>
<tr><th>Controles a realizar en zapatas corridas</th><th>Número de controles</th><th>Condición de no aceptación</th></tr>
<tr><td>Dimensiones de la zanja.</td><td>Uno cada 3 zanjas.</td><td>Inferiores a 5 cm de lo especificado.</td></tr>
<tr><td>Disposición, número, diámetro, doblado, separación y recubrimiento de las armaduras.</td><td>Inspección visual.</td><td>Defectos apreciados a simple vista.
Disposición tipo y/o diámetros distintos de los especificados.</td></tr>
<tr><td>Vertido y compactación del hormigón.</td><td>Inspección visual.</td><td>Distinto de lo especificado.</td></tr>
<tr><td>Curado del hormigón</td><td>Uno de cada 10 zapatas y no menos de uno.</td><td>Curado distinto a lo especificado.</td></tr>
<tr><td colspan="3">• Se comprobará que el replanteo se ajusta a lo especificado en la documentación técnica.</td></tr>
<tr><td colspan="3">• Se reconocerá el terreno visualmente, comprobándose:
- Que los estratos atravesados han sido los previstos.
- Que coincide el nivel freático con el previsto.
- La existencia o no de corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres.</td></tr>
</table>

En cualquier caso, el Ingeniero de Edificación responsable valorará, en función del riesgo, si la discrepancia con los datos del proyecto es aceptable o no.

6.4 Conclusiones técnicas.

Conclusiones y Recomendaciones

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación de la ejecución de cimentación superficial mediante zapatas corridas, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y así dejar un registro de la parte inspeccionada.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución (p.ej. zapatas más cargadas, zapatas combinadas, vigas centradoras con mayores esfuerzos, elementos que por su complejidad conviene una inspección singular, etc.)

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

6.5 Informes y documentos derivados de la verificación.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán los Informes y documentos derivados de la evaluación del proyecto de cimentación superficial mediante zapatas corridas, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y de proyecto y ejecución de estructura.

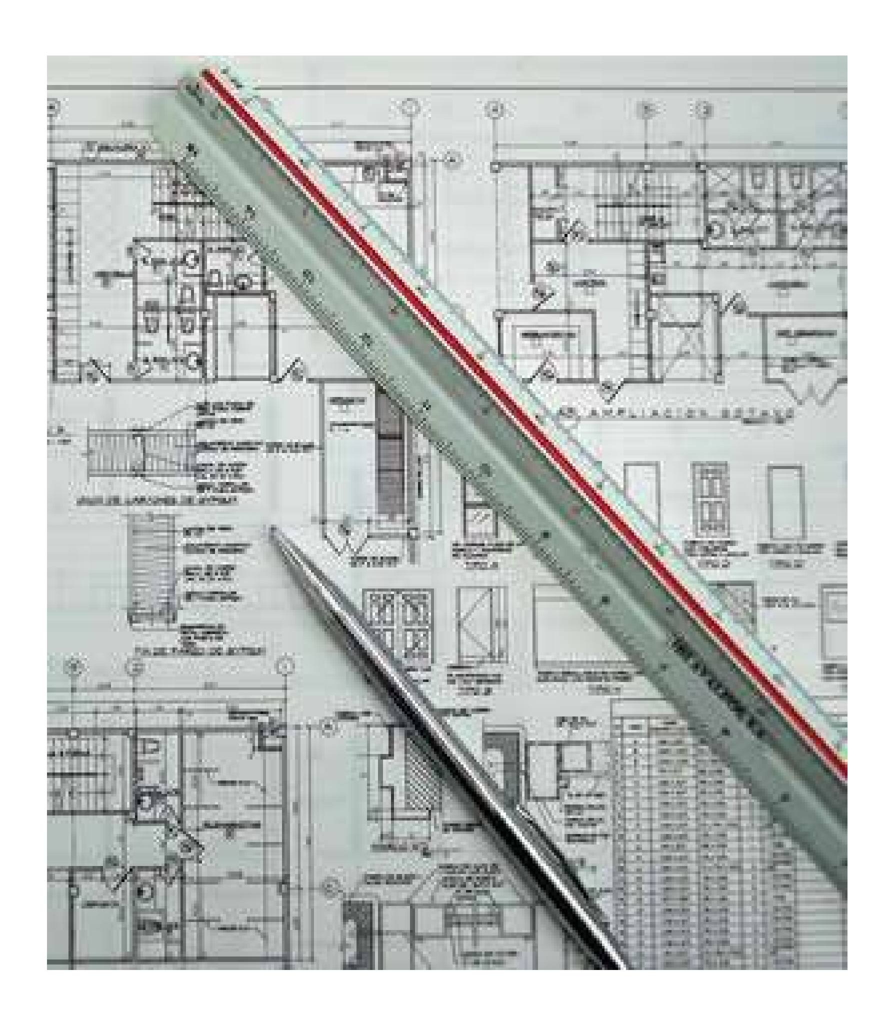
Todas las comprobaciones efectuadas, además de las conclusiones y recomendaciones quedarán reflejadas en las listas de comprobación.




7. ZAPATAS AISLADAS. FASE PROYECTO.



Zapata aislada.



7. PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE PROYECTO.

7.1 Descripción del proceso de control.

Como documentación de partida para el control del proyecto de las zapatas aisladas será necesaria la siguiente documentación:

- Inspección Preliminar del Emplazamiento, del que deberán extraerse los siguientes datos:

  - Riesgos Ambientales.
  - Riesgos del terreno: Topográficos, presencia de agua, agresividad del terreno o aguas freáticas, sismicidad, especiales.
  - Riesgos por preexistentes: Descripción, estado de conservación, deterioros.
  - Riesgos por colindantes: Descripción, estado conservación, deterioros.

- Otros riesgos: Presencia o proximidad de colectores, redes de agua, depósitos de combustible, explosivos.

• Estudio Geotécnico, del que se tomarán los siguientes datos:

- Naturaleza del subsuelo del plano de cimentación.
- Cota de apoyo de cimentación.
- Tensión admisible. Coeficiente de seguridad adoptado. Asientos.
- Agresividad del medio (agua, suelo).
- Nivel freático por encima de la cota de cimentación. Métodos de rebajamiento del nivel freático (bombeo mediante pozos, well-point, etc.)
- Arcillas expansivas. Empleo de medidas correctoras.
- Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.
- Recomendaciones que puedan ser de utilidad para la revisión del Proyecto.



Excavación y eje de zapata.

• Copia del Proyecto de Ejecución, con los documentos que se indican a continuación:

- Memoria de Cálculo.
- Planos de Cimentación.
- Pliego de Condiciones y Estado de Mediciones y Presupuesto.

La supervisión del proyecto de la cimentación superficial mediante zapatas aisladas, se realizará siguiendo la sistemática general que se define para la revisión del Proyecto de modo que se realizan las dos actividades:

- Supervisión documental de Proyecto.
- Supervisión del dimensionado.

7.2 Supervisión documental de proyecto.

7.2.1 Memoria y Anejos.

En el documento Memoria de Cálculo, se presta especial atención a:

- Normativa aplicada.
- Descripción de la cimentación.
- Tensión admisible del terreno.
- Agresividad del medio (agua, suelo).
- En zona sísmica, exigencias de arriostramiento.
- Sistema y método de cálculo empleado.
- Acciones consideradas en el cálculo.
- Hipótesis de carga realizadas y coeficientes parciales de seguridad según el nivel de control establecido.
- Características resistentes de los materiales.
- Medidas de rebajamiento del nivel freático, en el caso de que esté por encima de la cota de cimentación.
- En el caso de arcillas expansivas, medidas correctoras.
- Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.

7.2.2 Planos.

En el documento Planos, se presta especial atención en los Planos de Cimentación a:

- Replanteo de la cimentación. Acotación a ejes o puntos fijos de pilares.
- Indicación de la cota del plano de cimentación y cota del nivel freático, en caso de afectar a la excavación.
- Cuadro de zapatas, con indicación de la cuantía y disposición de armados en cada dirección, con indicación de las patillas necesarias, en su caso. Indicación clara de los ejes considerados para evitar errores de interpretación.
- Tensión admisible del terreno.
- Cuadro de características de materiales.
- Cuadro de longitudes de anclaje-solape en función de la calidad del hormigón y del acero.
- Cuadro de esperas de pilares.
- Detalles de planos de cimentación.

- Espesor mínimo del hormigón de limpieza. Indicación de separadores.
- Detalle del armado de vigas de atado y vigas centradoras. Secciones tipo.
- Encuentros de vigas de atado y centradoras en los elementos de cimentación.
- Detalle de arranques de pilares.
- Detalle de cimentaciones para juntas de dilatación en estructura, juntas en “diapasón”.
- Detalle del foso de ascensor (en su caso), e interferencia con los cimientos.
- Detalle del encuentro de la cimentación (vigas), con la red de albañales.
- Detalle de conexión con la red de puesta a tierra. Ver planos de instalaciones.

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con el resto de los documentos del Proyecto, principalmente con el Pliego de Condiciones y el Estado de Mediciones y Presupuesto.

La consecuencia directa de la supervisión documental del Proyecto es la solicitud mediante documento escrito de aquellas deficiencias detectadas en cuanto a la definición del Proyecto.

Para la supervisión documental de Proyecto se rellenará una lista de comprobación, de modo que se verifica en los documentos del Proyecto Memoria y Planos la existencia y adecuación de los puntos anteriores.

7.3 Supervisión del dimensionado estructural.

7.3.1 Metodología de análisis y muestreo.

La revisión de las zapatas aisladas, se realizará en base a un mínimo de elementos.

Estos elementos se seleccionarán preferentemente de entre los más cargados, mayores dimensiones y/o cuantías de armado.

Se prestará especial atención a elementos o disposiciones constructivas singulares, así como aspectos detectados que por su naturaleza o situación puedan derivar en situaciones específicas de riesgo.

Se propone en general para esta unidad de obra un muestreo:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

7.3.2 Adecuación de acciones.

El análisis de la cimentación desde el Proyecto implica el estudio detallado de la misma en la memoria y los planos con la finalidad de encaminar el posterior proceso de cálculo mediante la identificación de los elementos más conflictivos antes de entrar en la comprobación de los cálculos.

Con respecto al análisis de las cargas en la Memoria de cálculo tiene el objeto de obtener el dato de las acciones consideradas en Proyecto de las cargas para, posteriormente hacer una superposición con el dato recogido en la NCSR-02. En concreto se recogen los valores de:

- Concargas:
  Peso propio

  Cargas permanentes

- Sobrecargas:
  Sobrecarga de uso

  Sobrecarga de tabiquería

- Nieve:
  En función de la altura topográfica se tomarán los valores de carga que correspondan

- Viento:
  Será considerado en las zonas en las que la ubicación del edificio sea expuesta

- Sismo:
  Será considerado en las zonas sísmicas

Consideraciones.

Si las acciones propuestas son iguales o inferiores a las de normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las reglamentarias.

Si las acciones propuestas son superiores a las de la normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las consideradas en Proyecto, previa confirmación del proyectista.

- Coeficientes de mayoración y minoración, se registrarán los considerados en Proyecto.
- Determinación de esfuerzos:
  - Combinaciones de las acciones consideradas, según el Artículo 13 “Combinación de Acciones” de la EHE.
  - Características de los materiales, se registrarán los valores de resistencia característica del hormigón y del acero.

7.3.3 Adecuación a la normativa sismorresistente.

La aplicación de la norma NCSR-02 es de obligado cumplimiento en las estructuras de edificación que nos ocupan, por lo que será preceptiva su consideración en los casos en los que lo indique la norma. En caso de no aplicarse, acogiéndose al art 1.2.3. de la citada norma, se deberá justificar tal circunstancia.

En cualquier caso deberá indicarse tanto en la Memoria como en los planos, la aceleración básica, el grado de ductilidad, disposiciones constructivas, etc.

7.3.4 Determinación de Esfuerzos.

La determinación de los esfuerzos en la cimentación se hará con arreglo a los principios de la mecánica racional, complementados en caso necesario por las teorías clásicas de la resistencia de materiales y de la elasticidad.

Las simplificaciones efectuadas sobre la estructura real para transformarla en una ideal de cálculo se describirán detalladamente, incluyendo el modelo estructural, dimensiones, características mecánicas, tipos de conexiones en nudos y condiciones de sustentación (incluidas las características del terreno).

7.3.5 Cumplimiento de condiciones de seguridad de cimentación.

Una vez obtenidos los esfuerzos de cálculo, se verificará la adecuación de la cimentación proyectada, analizando las condiciones generales de estabilidad y los estados límites últimos, verificando que se cumplen los coeficientes de seguridad exigidos por la normativa vigente.

Zapatas aisladas centradas y/o excéntricas.

Comprobaciones relacionadas con el terreno.

- Tensiones sobre el terreno. Todas las cimentaciones directas sobre zapatas se conciben en la hipótesis de que el suelo situado debajo de las mismas se halle aproximadamente en el mismo estado en que fue encontrado durante las investigaciones realizadas para estudiarlos. . Si dentro de la zona que pudiera quedar afectada por la zapata se encuentran puntos excepcionalmente blandos, debe proyectarse de nuevo la zapata.

- La tensión media sobre el terreno debe ser inferior a la tensión admisible, (estudio geotécnico). La tensión máxima bajo cargas gravitatorias no debe ser superior en un **25%** a la tensión admisible. La tensión máxima bajo cargas de viento no debe ser superior en un **25%** a la tensión admisible. La tensión máxima bajo cargas de sismo no debe ser superior en un **50%** a la tensión admisible.

- Coeficiente de seguridad a vuelco. Este valor deberá ser como mínimo de **1,8** para acciones frecuentes, reduciéndose a **1,5** para combinaciones con acciones infrecuentes y **1,2** en el caso de sismo. En caso de zapatas excéntricas con vigas centradoras no es necesario realizar la comprobación a vuelco en el sentido de la viga.

- Comprobación de asientos.

Comprobaciones relacionadas con la seguridad estructural.

- Comprobación a flexión. Esta comprobación deberá realizarse en dirección X e Y. Como mínimo se debe disponer la cuantía mecánica de flexión, (0,04 Uc), por condiciones de no fragilidad. Artículo 42.3.2. EHE.

- Comprobación a esfuerzo cortante y/o punzonamiento. El primero se realizará en las direcciones X e Y de la zapata.

- Comprobación de las condiciones de anclaje de la parrilla.

- Anclaje y solape de las esperas de pilares. La longitud de anclaje se consigue por prolongación recta de las armaduras para barras trabajando a compresión. Puede reducirse este valor a 2/3 de la longitud de anclaje, siempre que el recubrimiento lateral sea grande, (excepto zapatas de esquina y medianería).

- En caso de que puedan existir acciones dinámicas, (p.ej. sismo), las longitudes de anclaje dispuestas deben aumentarse en 10 diámetros.

Vigas de atado.

- Comprobación de la armadura necesaria frente a axil. La viga de atado debe dimensionarse para un 5% (1/20) de la carga axil de cálculo del soporte más cargado de los dos que une. En compresión se puede considerar que trabaja la sección nominal de hormigón, (0,85 Ac fcd), mientras que en tracción trabaja únicamente la armadura.

- Comprobación de las condiciones de anclaje de la armadura longitudinal de la viga. Deben anclarse en ambas zapatas la longitud de anclaje, lbII, a partir del soporte.

- En caso de que puedan existir acciones dinámicas, (p.ej. sismo), las longitudes de anclaje dispuestas deben aumentarse en 10 diámetros.



Ferrallado de zapatas y vigas de atado.

Vigas centradoras.

- Comprobación de la cuantía geométrica mínima de armadura en la cara traccionada. Conforme a tabla del artículo 42.3.5. EHE. Mínimo del 3,3 por mil para B 400 S y 2,8 por mil para B 500 S.

- Cuantía mínima a flexión. Como mínimo se debe disponer 0,04 Uc, por condiciones de no fragilidad. Artículo 42.3.2. EHE.

- Comprobación de la armadura necesaria por cálculo a flexión.

- Comprobación de la armadura necesaria por cálculo a cortante.

- Comprobación de las condiciones de anclaje de la armadura longitudinal de la viga. Armadura superior, intermedia e inferior. En el soporte centrado se debe anclar la armadura superior, a partir del eje, una fuerza igual al cortante de cálculo. La armadura de montaje (en su caso) y de piel se introduce en la zapata su longitud de anclaje (lbI). La armadura superior se corta donde deja de ser necesaria, anclándose a partir de ese punto, (lbII). El resto se ancla a partir del eje del pilar.

- En caso de que puedan existir acciones dinámicas, (p.ej. sismo), las longitudes de anclaje dispuestas deben aumentarse en 10 diámetros.

7.3.6 Cumplimiento de condiciones de durabilidad.

Se deberá identificar tanto en la memoria como en los planos la designación del ambiente para determinar la calidad del hormigón y en el caso de agresividad del suelo y/o agua el empleo de medidas correctoras, de acuerdo con lo establecido en el apartado 8.2 de la EHE.

Además se debe indicar en Memoria y Planos los recubrimientos mínimos, adecuados al tipo de ambiente, así como cualquier otra medida a tomar durante al ejecución de la obra.

7.4 Valoración de las comprobaciones.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre el proyecto de cimentación se obtengan discrepancias importantes con los valores de las cargas en cimentación o esfuerzos considerados en el proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones del dimensionamiento de los elementos de cimentación, (hundimiento, vuelco, estados límites últimos de flexión, cortante, punzonamiento, longitud de anclaje, etc..), los coeficientes de seguridad obtenidos deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE.

Sin embargo las posibles diferencias en los métodos de cálculo y simplificaciones habituales pueden llevar a obtener en la comprobación valores ligeramente inferiores del coeficiente de seguridad a los obtenidos en el diseño y dimensionamiento. En este caso, el director de obra valorará, en función del riesgo, si la baja del coeficiente de seguridad respecto del valor fijado por la normativa es aceptable o no.

Frente a estados límites últimos de flexión y flexocompresión el límite máximo aceptable sería del 10%, mientras que para e.l.u. susceptibles de producir una rotura frágil, (p.e. punzonamiento), no parece prudente aceptar valores inferiores a un 5% al fijado por la normativa.

7.5 Conclusiones técnicas.

Conclusiones y Recomendaciones.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación del proyecto de cimentación superficial mediante zapatas aisladas, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y de proyecto y ejecución de estructura.

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica del Riesgo de la cimentación.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución (p.ej. zapatas más cargadas, zapatas combinadas, vigas centradoras con mayores esfuerzos, elementos que por su complejidad conviene una inspección singular, etc.)

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de revisión del proyecto de estructura y de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.




8. ZAPATAS AISLADAS. FASE EJECUCIÓN.



Zapata aislada.

8. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

8.1 Descripción del proceso de verificación.

El Programa de Control de Ejecución aprobado por la Dirección Facultativa deberá haber identificado para la ejecución de obra, la obra terminada y sus instalaciones, entre otros los siguientes aspectos, como metodología de control:

a. Niveles de control para los factores de ponderación considerados
b. Lotes de ejecución (y de obra e instalaciones terminadas)
c. Unidades de inspección
d. Frecuencias de comprobación
e. Pruebas de servicio sobre obra terminada y sus instalaciones, o en fases de su ejecución (pruebas parciales o finales).

8.1.1 Programación

La programación del control de calidad de ejecución de la obra debe adecuarse a las particulares circunstancias del edificio y de su entorno, como de la propia obra, considerando unos posibles factores de ponderación que pueden venir a modificar dicha programación, tanto en lo relativo a la recepción de productos y equipos, como a la ejecución de la obra y la obra terminada.

Actualmente, son de aplicación niveles de control por exigencia de la EHE vigente, en los materiales y en la ejecución; distintos niveles de control, por exigencias del Libro de Control de Calidad en Obras de Edificación de Viviendas (LC-91), para distintos factores de riesgo (dimensional, estructural, sísmico, geotécnico, medio ambiental, etc.).

Por otras causas, también puede ser modificado (simplificado) el control de recepción en obra de productos y equipos, si éstos ostentan un distintivo de calidad oficialmente reconocido (certificación voluntaria). En cuanto al control de ejecución, si el contratista dispone de un plan de aseguramiento de la calidad específico para la obra o, en el mejor de los casos, si su actividad está certificada mediante un distintivo de calidad oficialmente reconocido, esto puede dar lugar a que se aplique una disminución del control de ejecución (externo) por la Dirección Facultativa.

8.2 Metodología de análisis y muestreo

8.2.1 Lotes de ejecución

Se dividirá la obra o instalación en partes o lotes de ejecución, coherentes con el desarrollo previsto en el Plan de Obra (del contratista), para la ejecución de cada uno de ellos. Para ello, los lotes de ejecución se definirán e identificarán aplicando los siguientes criterios:

- Se corresponderán con partes sucesivas en el proceso de ejecución de la obra. (Plan de Obra)

- Agruparán elementos de tipología semejante, en su caso.

- Se dimensionarán teniendo en cuenta que un lote de ejecución es una parte de la obra o de una instalación, cuya ejecución es posible someter a aceptación en su conjunto (recepción por la D.F.).

Es conveniente que la identificación de los lotes de ejecución se efectúe también mediante una documentación gráfica.

Siendo para los lotes de control de la resistencia para hormigones, en función de sus solicitaciones, las siguientes restricciones:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

Cuando un lote esté constituido por amasadas de hormigones en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, podrá aumentarse su tamaño multiplicando los valores de la tabla 86.5.4.1 por cinco o por dos, en función de que el nivel de garantía para el que se ha efectuado el reconocimiento sea conforme con el apartado 5.1 o con el apartado 6 del Anejo nº 19, respectivamente. En estos casos de tamaño ampliado del lote, el número mínimo de lotes será de tres correspondiendo, si es posible, cada lote a elementos incluidos en cada columna de la Tabla 86.5.4.1. En ningún caso, un lote podrá estar formado por amasadas suministradas a la obra durante un período de tiempo superior a seis semanas.



Zapatas y vigas hormigonadas y desencofradas.

8.2.2 Definición de procesos

Definido cada lote de ejecución, se identificará la totalidad de los procesos y actividades susceptibles de ser comprobados en cada lote, por la Dirección Facultativa. Constituye una unidad de inspección la dimensión o tamaño máximo de un proceso o actividad comprobable (en general) en una visita de inspección a la obra. Así, en función de los desarrollos de procesos y actividades previstas en el Plan de Obra, en cada inspección a la obra de la Dirección podrá comprobarse solo un determinado número de unidades de inspección, las cuales, pueden corresponder a uno o más lotes de ejecución.

Con los anteriores criterios se definirá el tamaño máximo o dimensión de cada unidad de inspección, según el tipo de obra.

Para esto, se pueden confeccionar listados de control asociados, como apoyo al procedimiento de verificación de los procesos y actividades de la obra y sus instalaciones.

8.2.3 Frecuencias

Para cada proceso o actividad incluida en un lote de ejecución, la Dirección Facultativa procederá a su control externo mediante un número mínimo de comprobaciones, es decir, establecerá las frecuencias de comprobación en función de los niveles de control para los factores de ponderación considerados en el Programa de Control de Ejecución y aquellos otros ordenados por la Dirección Facultativa.

Control a nivel intenso: Este nivel de control, además del control externo, exige que el Constructor posea un sistema de calidad propio, auditado de forma externa, y que la elaboración de la ferralla y los elementos prefabricados, en caso de existir, se realicen en instalaciones industriales fijas y con un sistema de certificación voluntario.

Si no se dan estas condiciones, la Dirección de Obra deberá exigir al Constructor unos procedimientos específicos para la realización de, al menos, tres inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Para este nivel de control, externo, se exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel normal: Este nivel de control externo es de aplicación general y exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel reducido: Este nivel de control externo es aplicable cuando no existe un seguimiento continuo y reiterativo de la obra y exige la realización de, al menos, una inspección por cada lote en los que se ha dividido la obra.

8.2.4 Pruebas finales

Antes de la puesta en servicio del edificio se debe comprobar que:

a) las zapatas se comportan en la forma prevista en el proyecto;
b) no se aprecia que se estén superando las cargas admisibles;
c) los asientos se ajustan a lo previsto, si, en casos especiales, así lo exige el proyecto o el Director de Obra;
d) no se han plantado árboles, cuyas raíces puedan originar cambios de humedad en el terreno de cimentación, o creado zonas verdes cuyo drenaje no esté previsto en el proyecto, sobre todo en terrenos expansivos.

Si bien es recomendable controlar los movimientos del terreno para cualquier tipo de construcción, en edificios de tipo C-3 y C-4 será obligado el establecimiento de un sistema de nivelación para controlar el asiento de las zonas más características de la obra, en las siguientes condiciones:

e) el punto de referencia debe estar protegido de cualquier eventual perturbación, de forma que pueda considerarse como inmóvil, durante todo el periodo de observación;
f) el número de pilares a nivelar no será inferior al 10% del total de la edificación. En el caso de que la superestructura se apoye sobre muros, se preverá un punto de observación cada 20 m de longitud, como mínimo. En cualquier caso el número mínimo de referencias de nivelación será de 4. La precisión de la nivelación será de 0,1 mm;
g) la cadencia de lecturas será la adecuada para advertir cualquier anomalía en el comportamiento de la cimentación. Es recomendable efectuarlas al completarse el 50% de la estructura al final de la misma, y al terminar la tabiquería de cada dos plantas de la edificación;
h) el resultado final de las observaciones se incorporará a la documentación de la obra.

En caso de tener que efectuar pruebas de servicio conforme al Programa de Control de Ejecución o bien por orden de la Dirección Facultativa para aceptación de un lote de ejecución o de obra terminada, éstas podrán ser realizadas por un laboratorio de control acreditado. Conocido el resultado de las pruebas se comprobará si estas son, o no, conformes con las condiciones de aceptación del proyecto (Plan de Control, Pliego de Condiciones). La

Dirección Facultativa procederá a la aceptación o al rechazo del lote de ejecución.



Zapatas ferralladas.

8.2.5 Supervisión de la ejecución de la obra.

8.2.5.1 Generalidades:

Durante el período de ejecución se tomarán las precauciones oportunas para asegurar la conservación en buen estado de las cimentaciones.

En el caso de presencia de aguas ácidas, salinas, o de agresividad potencial se tomarán las oportunas medidas. No se permitirá la presencia de sobrecargas cercanas a las cimentaciones, si no se han tenido en cuenta en el proyecto. En todo momento se debe vigilar la presencia de vías de agua, por el posible descarnamiento que puedan dar lugar bajo las cimentaciones. En el caso en que se construyan edificaciones próximas, deben tomarse las oportunas medidas que permitan garantizar el mantenimiento intacto del terreno y de sus propiedades tenso-deformacionales.

La observación de asientos excesivos puede ser una advertencia del mal estado de las zapatas (ataques de aguas selenitosas, desmoronamiento por socavación, etc.); de la parte enterrada de pilares y muros o de las redes de agua potable y de saneamiento. En tales casos debe procederse a la observación de la cimentación y del terreno circundante, de la parte enterrada de los elementos resistentes verticales y de las redes de agua potable y saneamiento, de forma que se pueda conocer la causa del fenómeno.

En edificación cimentada de forma directa no se harán obras nuevas sobre la cimentación que pueda poner en peligro su seguridad, tales como:

a) perforaciones que reduzcan su capacidad resistente;
b) pilares u otro tipo de cargaderos que trasmitan cargas importantes;
c) excavaciones importantes en sus proximidades u otras obras que pongan en peligro su estabilidad.

Las cargas a las que se sometan las cimentaciones, en especial las dispuestas sobre los sótanos, no serán superiores a las especificadas en el proyecto. Para ello los sótanos no deben dedicarse a otro uso que para el que fueran proyectados. No se almacenarán materiales que puedan ser dañinos para los hormigones.

Cualquier modificación de las prescripciones descritas de los dos párrafos anteriores debe ser autorizada por el Director de Obra e incluida en el proyecto.

8.2.5.2 Comprobaciones a realizar sobre el terreno de cimentación

Antes de proceder a la ejecución de la cimentación se realizará la confirmación del estudio geotécnico. Se comprobará visualmente, o mediante las pruebas que se juzguen oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con las previsiones del proyecto. El resultado de tal inspección, definiendo la profundidad de la cimentación de cada uno de los apoyos de la obra, su forma y dimensiones, y el tipo y consistencia del terreno se incorporará a la documentación final de obra. Estos planos quedarán incorporados a la documentación de la obra acabada.

En particular se debe comprobar que:

a) el nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y apreciablemente la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico;
b) el nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas;
c) el terreno presenta apreciablemente una resistencia y humedad similar a la supuesta en el estudio geotécnico;
d) no se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc.;

e) no se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres;



Replanteo y excavación.

8.2.5.3 Comprobaciones a realizar sobre los materiales de construcción

Se comprobará que:

a) los materiales disponibles se ajustan a lo establecido en el proyecto de edificación y son idóneos para la construcción;
b) las resistencias son las indicadas en el proyecto.

8.2.5.4 Comprobaciones durante la ejecución

Se dedicará especial atención a comprobar que:

a) el replanteo es correcto;



Replanteo zapatas aisladas.

b) se han observado las dimensiones y orientaciones proyectadas;
c) se están empleando los materiales objeto de los controles ya mencionados;
d) la compactación o colocación de los materiales asegura las resistencias del proyecto;
e) los encofrados están correctamente colocados, y son de los materiales previstos en el proyecto;
f) las armaduras son del tipo, número y longitud fijados en el proyecto;



Armado zapatas y vigas.

g) las armaduras de espera de pilares u otros elementos se encuentran correctamente situadas y tienen la longitud prevista en el proyecto;
h) los recubrimientos son los exigidos en proyecto;
i) los dispositivos de anclaje de las armaduras son los previstos en el proyecto;
j) el espesor del hormigón de limpieza es adecuado;
k) la colocación y vibración del hormigón son las correctas;



Proceso de hormigonado de

l) se está cuidando que la ejecución de nuevas zapatas no altere el estado de las contiguas, ya sean también nuevas o existentes;
m) las vigas de atado y centradoras así como sus armaduras están correctamente situadas;
n) los agotamientos entran dentro de lo previsto y se ajustan a las especificaciones del estudio geotécnico para evitar sifonamientos o daños a estructuras vecinas;
o) las juntas corresponden con las previstas en el proyecto;
p) las impermeabilizaciones previstas en el proyecto se están ejecutando correctamente.

8.3 Valoración de las comprobaciones.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre la ejecución de las zapatas aisladas se obtengan discrepancias importantes de los datos del proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones de: la distancia entre ejes en el replanteo; espesor de la capa de hormigón de limpieza; tipo, disposición, número, diámetro, longitud, doblado, separación y recubrimientos de las armaduras; vertido, compactación y curado del hormigón; tipo de acero, diámetro, colocación y número de armaduras en vigas de cimentación; separación entre armaduras y recubrimientos; separación entre cercos; radio de doblado, disposición y longitud de empalmes, solapos y anclajes; dimensiones de la excavación; planeidad de la superficie…, deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE, CTE.



Hormigonado zapata.

A continuación se adjunta el cuadro resumen de los controles a realizar en la ejecución de las zapatas aisladas para la supervisión de los trabajos.

Criterios de aceptación y rechazo en zapatas aisladas.		
Controles a realizar en zapatas aisladas	**Número de controles**	**Condición de no aceptación**
Dimensiones de la zanja.	Uno cada 3 zanjas.	Inferiores a 5 cm de lo especificado.
Disposición, número, diámetro, doblado, separación y recubrimiento de las armaduras.	Inspección visual.	Defectos apreciados a simple vista. Disposición tipo y/o diámetros distintos de los especificados.
Vertido y compactación del hormigón.	Inspección visual.	Distinto de lo especificado.
Curado del hormigón	Uno de cada 10 zapatas y no menos de uno.	Curado distinto a lo especificado.
• Se comprobará que el replanteo se ajusta a lo especificado en la documentación técnica.		
• Se reconocerá el terreno visualmente, comprobándose: a. Que los estratos atravesados han sido los previstos. b. Que coincide el nivel freático con el previsto. c. La existencia o no de corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres.		



Comprobación en zapatas.

En cualquier caso, el director de obra valorará, en función del riesgo, si la discrepancia con los datos del proyecto es aceptable o no.

8.4. Conclusiones técnicas.

Conclusiones y Recomendaciones

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación de la ejecución de cimentación superficial mediante zapatas aisladas, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y así dejar un registro de la parte inspeccionada.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución (p.ej. zapatas más cargadas, zapatas combinadas, vigas centradoras con mayores esfuerzos, elementos que por su complejidad conviene una inspección singular, etc.)

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

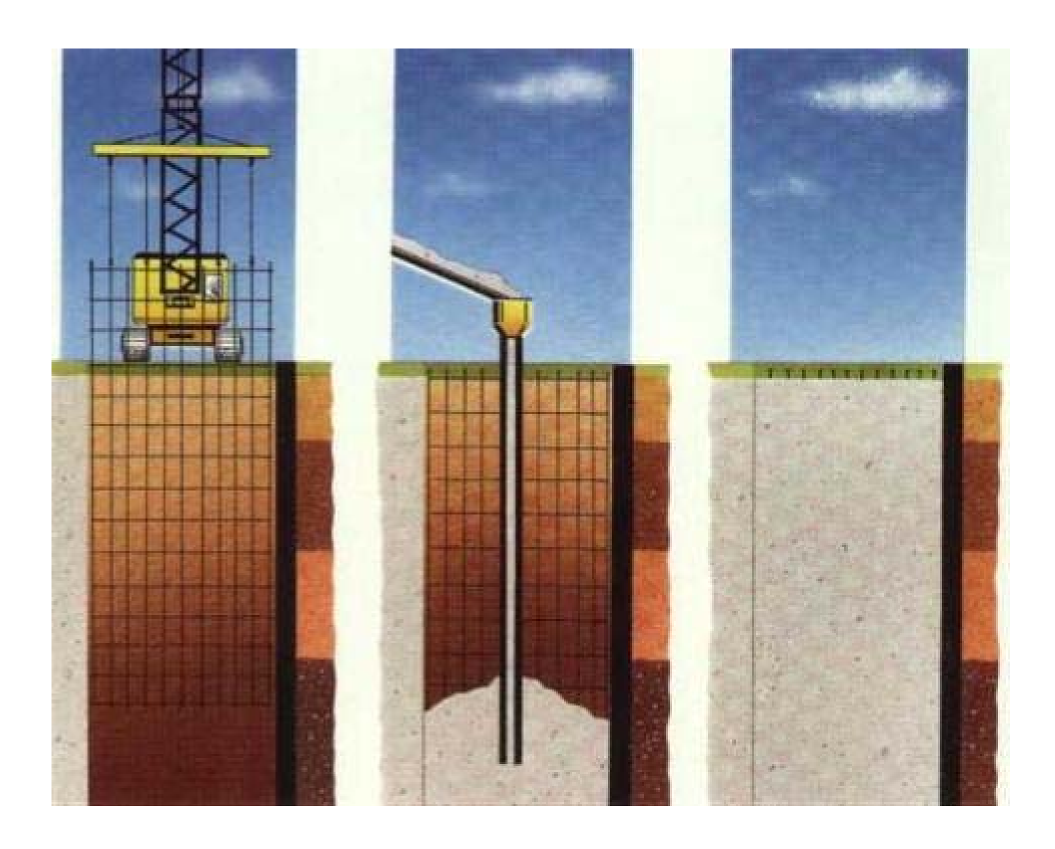
8.5 Informes y documentos derivados de la verificación.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán los Informes y documentos derivados de la evaluación del proyecto de cimentación superficial mediante zapatas aisladas, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y de proyecto y ejecución de estructura.

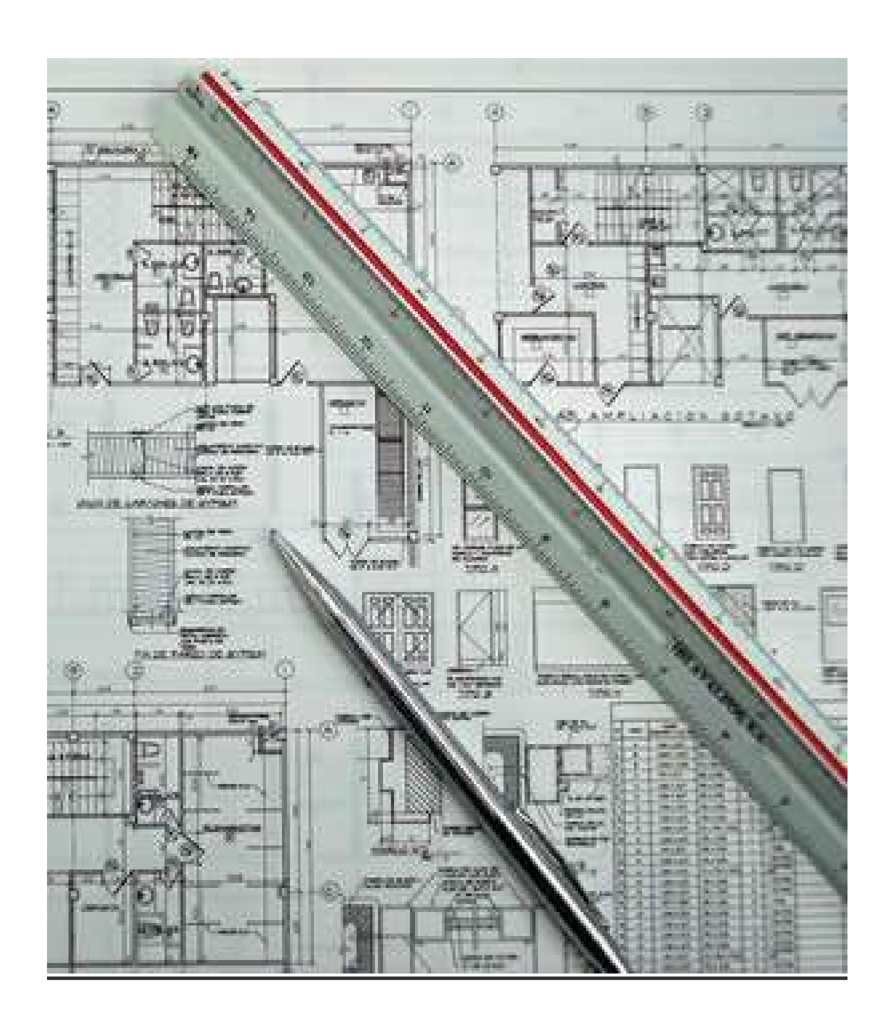
Todas las comprobaciones efectuadas, además de las conclusiones y recomendaciones quedarán reflejadas en las listas de comprobación.

9. MUROS PANTALLA. FASE PROYECTO.

ÍNDICE



Muro pantalla.



9. PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE PROYECTO.

9.1 Descripción del proceso de control.

Como documentación de partida para el control del proyecto de esta unidad de obra será necesaria la siguiente documentación:

- Inspección Preliminar del Emplazamiento, del que deberán extraerse los siguientes datos:

  - Riesgos Ambientales.
  - Riesgos del terreno: Topográficos, presencia de agua, agresividad del terreno o aguas freáticas, sismicidad, especiales.
  - Riesgos por preexistentes: Descripción, estado de conservación, deterioros.
  - Riesgos por colindantes: Descripción, estado conservación, deterioros.

- Otros riesgos: Presencia o proximidad de colectores, redes de agua, depósitos de combustible, explosivos.

- Estudio Geotécnico, del que se tomarán los siguientes datos:

  - Naturaleza del subsuelo del plano de cimentación.
  - Cota de apoyo de cimentación.
  - Tensión admisible. Coeficiente de seguridad adoptado. Asientos.
  - Agresividad del medio (agua, suelo).
  - Nivel freático por encima de la cota de cimentación. Métodos de rebajamiento del nivel freático (bombeo mediante pozos, well-point, etc.)
  - Arcillas expansivas. Empleo de medidas correctoras.
  - Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.
  - Recomendaciones que puedan ser de utilidad para la revisión del Proyecto.

- Copia del Proyecto de Ejecución, con los documentos que se indican a continuación:

  - Memoria de Cálculo.
  - Planos de Cimentación.
  - Pliego de Condiciones y Estado de Mediciones y Presupuesto.

La supervisión del proyecto de la estructura de contención, muros pantalla, se realizará siguiendo la sistemática general que se define para la revisión del Proyecto de modo que se realizan las dos actividades:

- Supervisión documental de Proyecto.
- Supervisión del dimensionado.

9.2 Supervisión documental de proyecto.

9.2.1 Memoria y Anejos.

En el documento Memoria de Cálculo, se presta especial atención a:

- Normativa aplicada.
- Descripción de la estructura.
- Tensión admisible del terreno.
- Agresividad del medio (agua, suelo).
- En zona sísmica, exigencias de arriostramiento.

- Sistema y método de cálculo empleado.
- Acciones consideradas en el cálculo.
- Hipótesis de carga realizadas y coeficientes parciales de seguridad según el nivel de control establecido.
- Características resistentes de los materiales.
- Medidas de rebajamiento del nivel freático, en el caso de que esté por encima de la cota de cimentación.
- En el caso de arcillas expansivas, medidas correctoras.
- Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.



Trabajos en muro pantalla.

9.2.2 Planos.

En el documento Planos, se presta especial atención en los Planos de Estructuras de contención a:

- Replanteo de muros. Acotación a ejes o puntos fijos.
- Indicación de la cota del plano de cimentación y cota del nivel freático, en caso de afectar a la excavación.
- Planos de cimentación, con indicación de la cuantía y disposición de armados en cada dirección, con indicación de las patillas necesarias, en su caso. Indicación clara de los ejes considerados para evitar errores de interpretación.
- Tensión admisible del terreno.
- Cuadro de características de materiales.
- Cuadro de longitudes de anclaje-solape en función de la calidad del hormigón y del acero.
- Detalles de planos de muros.
    - Plano de replanteo para la ejecución de muros en ménsula.

- Detalle del armado de vigas de atado y vigas centradoras. Secciones tipo.
- Detalles de la disposición de la armadura de los muros.
- Detalle de arranques de pilares.
- Detalle de cimentaciones para juntas de dilatación en estructura, juntas en “diapasón”.
- Detalle del foso de ascensor (en su caso), e interferencia con los muros.
- Detalle de conexión con la red de puesta a tierra. Ver planos de instalaciones.

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con el resto de los documentos del Proyecto, principalmente con el Pliego de Condiciones y el Estado de Mediciones y Presupuesto.

La consecuencia directa de la supervisión documental del Proyecto es la solicitud mediante documento escrito de aquellas deficiencias detectadas en cuanto a la definición del Proyecto.

Para la supervisión documental de Proyecto se rellenará una lista de comprobación, de modo que se verifica en los documentos del Proyecto Memoria y Planos la existencia y adecuación de los puntos anteriores.

9.3 Supervisión del dimensionado estructural.

9.3.1 Metodología de análisis y muestreo.

La revisión de la unidad de obra muros pantalla, se realizará en base a un mínimo de elementos.

Estos elementos se seleccionarán preferentemente de entre los más cargados, mayores dimensiones y/o cuantías de armado.

Se prestará especial atención a elementos o disposiciones constructivas singulares, así como aspectos detectados que por su naturaleza o situación puedan derivar en situaciones específicas de riesgo.

Se propone en general para esta unidad de obra un muestreo:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

9.3.2 Adecuación de acciones.

El análisis de la estructura desde el Proyecto implica el estudio detallado de la misma en la memoria y los planos con la finalidad de encaminar el posterior proceso de cálculo mediante la identificación de los elementos más conflictivos antes de entrar en la comprobación de los cálculos.

Con respecto al análisis de las cargas en la Memoria de cálculo tiene el objeto de obtener el dato de las acciones consideradas en Proyecto de las cargas para, posteriormente hacer una superposición con el dato recogido en la NCSR-02. En concreto se recogen los valores de:

- Concargas:
  Peso propio

  Cargas permanentes

- Sobrecargas:
  Sobrecarga de uso

  Sobrecarga de tabiquería

- Nieve:
  En función de la altura topográfica se tomarán los valores de carga que correspondan

- Viento:
  Será considerado en las zonas en las que la ubicación del edificio sea expuesta

- Sismo:
  Será considerado en las zonas sísmicas

Consideraciones.

Si las acciones propuestas son iguales o inferiores a las de normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las reglamentarias.

Si las acciones propuestas son superiores a las de la normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las consideradas en Proyecto, previa confirmación del proyectista.

- Coeficientes de mayoración y minoración, se registrarán los considerados en Proyecto.
- Determinación de esfuerzos:
  - Combinaciones de las acciones consideradas, según el Artículo 13 “Combinación de Acciones” de la EHE.
  - Características de los materiales, se registrarán los valores de resistencia característica del hormigón y del acero.

9.3.3 Adecuación a la normativa sismorresistente.

La aplicación de la norma NCSR-02 es de obligado cumplimiento en las estructuras de edificación que nos ocupan, por lo que será preceptiva su consideración en los casos en los que lo indique la norma. En caso de no aplicarse, acogiéndose al art 1.2.3. de la citada norma, se deberá justificar tal circunstancia.

En cualquier caso deberá indicarse tanto en la Memoria como en los planos, la aceleración básica, el grado de ductilidad, disposiciones constructivas, etc.

9.3.4 Determinación de Esfuerzos.

La determinación de los esfuerzos en la estructura se hará con arreglo a los principios de la mecánica racional, complementados en caso necesario por las teorías clásicas de la resistencia de materiales y de la elasticidad.

Las simplificaciones efectuadas sobre la estructura real para transformarla en una ideal de cálculo se describirán detalladamente, incluyendo el modelo

estructural, dimensiones, características mecánicas, tipos de conexiones en nudos y condiciones de sustentación (incluidas las características del terreno).

9.3.5 Cumplimiento de condiciones de seguridad de estructura.

Una vez obtenidos los esfuerzos de cálculo, se verificará la adecuación de la estructura proyectada, analizando las condiciones generales de estabilidad y los estados límites últimos, verificando que se cumplen los coeficientes de seguridad exigidos por la normativa vigente.

<u>Muros pantalla.</u>

Comprobaciones relacionadas con el terreno.

Antes de proceder a la ejecución de la cimentación se realizará la confirmación del estudio geotécnico:

Una vez iniciada la obra e iniciadas las excavaciones, a la vista del terreno excavado y para la situación precisa de los elementos de la cimentación, el Director de Obra apreciará la validez y suficiencia de los datos aportados por el estudio geotécnico, adoptando en casos de discrepancia las medidas oportunas para la adecuación de la cimentación y del resto de la estructura a las características geotécnicas del terreno.

Se comprobará visualmente, que el terreno de apoyo de la cimentación se corresponde con las previsiones del proyecto. El resultado de tal inspección, se incorporará a la documentación final de obra. Estos planos quedarán incorporados a la documentación de la obra acabada.

En particular se debe comprobar que:

1. El nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y apreciablemente la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico.

2. El nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas; el terreno presenta apreciablemente una resistencia y humedad similar a la supuesta en el estudio geotécnico.

3. No se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc.

4. No se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres.

Comprobaciones relacionadas con la seguridad estructural.

- El replanteo es correcto.
- Se han observado las dimensiones y orientaciones proyectadas.
- Se están empleando los materiales objeto de los controles ya mencionados.
- La compactación o colocación de los materiales asegura las resistencias del proyecto.
- Los encofrados están correctamente colocados, y son de los materiales previstos en el proyecto.
- Las armaduras son del tipo, número y longitud fijados en el proyecto.
- Las armaduras de espera de pilares u otros elementos se encuentran correctamente situadas y tienen la longitud prevista en el proyecto.
- Los recubrimientos son los exigidos en proyecto.
- Los dispositivos de anclaje de las armaduras son los previstos en el proyecto.
- El espesor del hormigón de limpieza es adecuado.
- La colocación y vibración del hormigón son las correctas.
- Los agotamientos entran dentro de lo previsto y se ajustan a las especificaciones del estudio geotécnico para evitar sifonamientos o daños a estructuras vecinas.
- Las juntas corresponden con las previstas en el proyecto.
- Las impermeabilizaciones previstas en el proyecto se están ejecutando correctamente.
- Se debe controlar que la docilidad y fluidez del hormigón se mantienen durante todo el proceso del hormigonado efectuando ensayos de consistencia sobre muestras de hormigón fresco para definir su evolución en función del tiempo. Este control tiene especial importancia en caso de emplear aditivos superplastificantes.

9.3.6 Cumplimiento de condiciones de durabilidad.

Se deberá identificar tanto en la memoria como en los planos la designación del ambiente para determinar la calidad del hormigón y en el caso de agresividad del suelo y/o agua el empleo de medidas correctoras, de acuerdo con lo establecido en el apartado 8.2 de la EHE.

Además se debe indicar en Memoria y Planos los recubrimientos mínimos, adecuados al tipo de ambiente, así como cualquier otra medida a tomar durante la ejecución de la obra.

9.4 Valoración de las comprobaciones.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre el proyecto de estructura se obtengan discrepancias importantes con los valores de las cargas en estructura o esfuerzos considerados en el proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones del dimensionamiento de los elementos de estructura, (estados límites últimos de flexión, cortante, punzonamiento, longitud de anclaje, etc.), los coeficientes de seguridad obtenidos deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE.

Sin embargo las posibles diferencias en los métodos de cálculo y simplificaciones habituales pueden llevar a obtener en la comprobación valores ligeramente inferiores del coeficiente de seguridad a los obtenidos en el diseño y dimensionamiento. En este caso, el director de obra valorará, en función del riesgo, si la baja del coeficiente de seguridad respecto del valor fijado por la normativa es aceptable o no.

Frente a estados límites últimos de flexión y flexocompresión el límite máximo aceptable sería del 10%, mientras que para e.l.u. susceptibles de producir una rotura frágil, (p.ej. punzonamiento), no parece prudente aceptar valores inferiores a un 5% al fijado por la normativa.

9.5 CONCLUSIONES TÉCNICAS.

9.5.1 Conclusiones y Recomendaciones.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las Conclusiones derivadas de la evaluación del proyecto de estructuras de contención, muros pantalla, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la estructura, y de proyecto.

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica del Riesgo de la estructura.

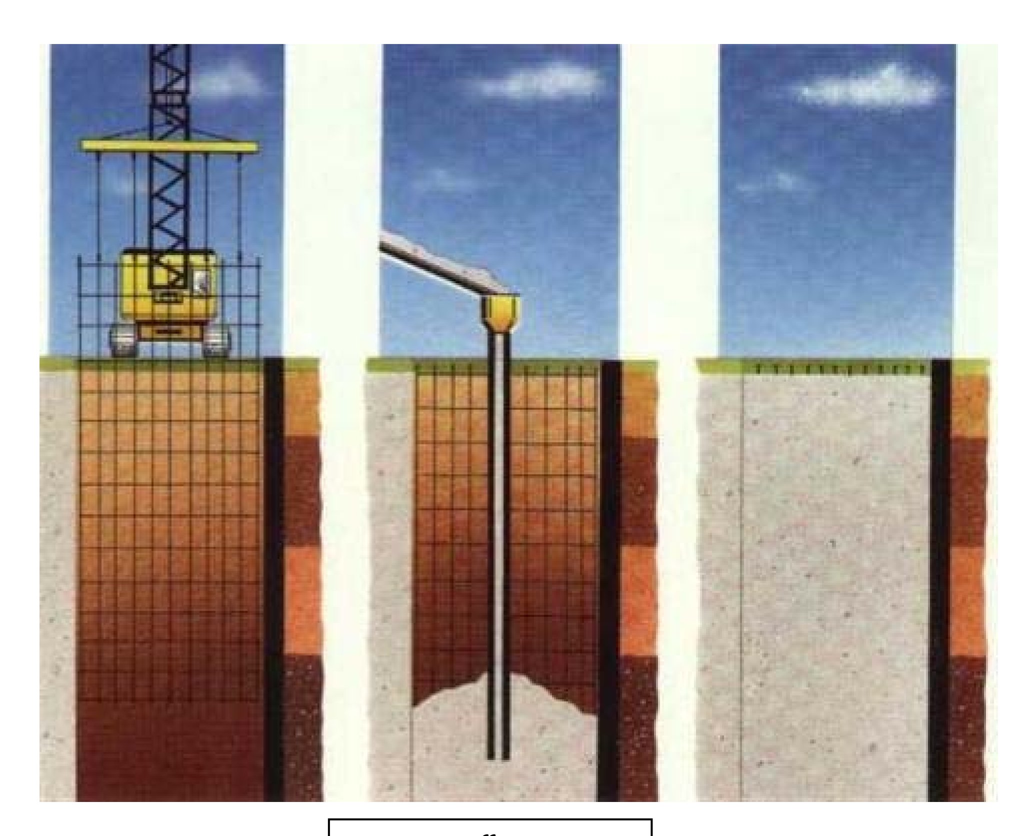
Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución (p.ej. muros de contención más cargados, zapatas combinadas, elementos que por su complejidad conviene una inspección singular, etc.)

Por último, en el apartado Recomendaciones se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de revisión del proyecto de estructura y de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.




10. MUROS PANTALLA. FASE EJECUCIÓN.

ÍNDICE



Muro pantalla.

10. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

10.1 Descripción del proceso de verificación.

El Programa de Control de Ejecución aprobado por la Dirección Facultativa deberá haber identificado para la ejecución de obra, la obra terminada y sus instalaciones, entre otros los siguientes aspectos, como metodología de control:

a. Niveles de control para los factores de ponderación considerados.
b. Lotes de ejecución (y de obra e instalaciones terminadas).
c. Unidades de inspección.
d. Frecuencias de comprobación.
e. Pruebas de servicio sobre obra terminada y sus instalaciones, o en fases de su ejecución (pruebas parciales o finales).

10.1.1 Programación

La programación del control de calidad de ejecución de la obra, debe adecuarse a las particulares circunstancias del edificio y de su entorno, como de la propia obra, considerando unos posibles factores de ponderación que pueden venir a modificar dicha programación, tanto en lo relativo a la recepción de productos y equipos, como a la ejecución de la obra y la obra terminada.

Actualmente, son de aplicación niveles de control por exigencia de la EHE vigente, en los materiales y en la ejecución; distintos niveles de control, por exigencias del Libro de Control de Calidad en Obras de Edificación de Viviendas (LC-91), para distintos factores de riesgo (dimensional, estructural, sísmico, geotécnico, medio ambiental, etc.).

Por otras causas, también puede ser modificado (simplificado) el control de recepción en obra de productos y equipos, si éstos ostentan un distintivo de calidad oficialmente reconocido (certificación voluntaria). En cuanto al control de ejecución, si el contratista dispone de un plan de aseguramiento de la calidad específico para la obra o, en el mejor de los casos, si su actividad está certificada mediante un distintivo de calidad oficialmente reconocido, esto puede dar lugar a que se aplique una disminución del control de ejecución (externo) por la Dirección Facultativa.

10.2 Metodología de análisis y muestreo

10.2.1 Lotes de ejecución

Se dividirá la obra o instalación en partes o lotes de ejecución, coherentes con el desarrollo previsto en el Plan de Obra (del contratista), para la ejecución de cada uno de ellos. Para ello, los lotes de ejecución se definirán e identificarán aplicando los siguientes criterios:

- Se corresponderán con partes sucesivas en el proceso de ejecución de la obra. (Plan de Obra)

- Agruparán elementos de tipología semejante, en su caso.

- Se dimensionarán teniendo en cuenta que un lote de ejecución es una parte de la obra o de una instalación, cuya ejecución es posible someter a aceptación en su conjunto (recepción por la D.F.).

Es conveniente que la identificación de los lotes de ejecución se efectúe también mediante una documentación gráfica.

Siendo para los lotes de control de la resistencia para hormigones, en función de sus solicitaciones, las siguientes restricciones:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

Cuando un lote esté constituido por amasadas de hormigones en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, podrá aumentarse su tamaño multiplicando los valores de la tabla 86.5.4.1 por cinco o por dos, en función de que el nivel de garantía para el que se ha efectuado el reconocimiento sea conforme con el apartado 5.1 o con el apartado 6 del Anejo nº 19, respectivamente. En estos casos de tamaño ampliado del lote, el número mínimo de lotes será de tres correspondiendo, si es posible, cada lote a elementos incluidos en cada columna de la Tabla 86.5.4.1. En ningún caso, un lote podrá estar formado por amasadas suministradas a la obra durante un período de tiempo superior a seis semanas.

10.2.2 Definición de procesos

Definido cada lote de ejecución, se identificará la totalidad de los procesos y actividades susceptibles de ser comprobados en cada lote, por la Dirección Facultativa. Constituye una unidad de inspección la dimensión o tamaño máximo de un proceso o actividad comprobable (en general) en una visita de inspección a la obra. Así, en función de los desarrollos de procesos y actividades previstas en el Plan de Obra, en cada inspección a la obra de la Dirección Facultativa podrá comprobarse solo un determinado número de unidades de inspección, las cuales, pueden corresponder a uno o más lotes de ejecución.

Con los anteriores criterios se definirá el tamaño máximo o dimensión de cada unidad de inspección, según el tipo de obra.

Para esto, se pueden confeccionar listados de control asociados, como apoyo al procedimiento de verificación de los procesos y actividades de la obra y sus instalaciones.

10.2.3 Frecuencias

Para cada proceso o actividad incluida en un lote de ejecución, la Dirección Facultativa procederá a su control externo mediante un número mínimo de comprobaciones, es decir, establecerá las frecuencias de comprobación en función de los niveles de control para los factores de ponderación considerados en el Programa de Control de Ejecución y aquellos otros ordenados por la Dirección Facultativa.

Control a nivel intenso: Este nivel de control, además del control externo, exige que el Constructor posea un sistema de calidad propio, auditado de forma externa, y que la elaboración de la ferralla y los elementos prefabricados, en caso de existir, se realicen en instalaciones industriales fijas y con un sistema de certificación voluntario.

Si no se dan estas condiciones, la Dirección de Obra deberá exigir al Constructor unos procedimientos específicos para la realización de, al menos, tres inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Para este nivel de control, externo, se exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel normal: Este nivel de control externo es de aplicación general y exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel reducido: Este nivel de control externo es aplicable cuando no existe un seguimiento continuo y reiterativo de la obra y exige la realización de, al menos, una inspección por cada lote en los que se ha dividido la obra.

10.2.4 Pruebas finales

Antes de la puesta en servicio del edificio se debe comprobar que:

a) Los muros se comportan en la forma prevista en el proyecto.
b) No se aprecia que se estén superando las cargas admisibles.
c) Los asientos se ajustan a lo previsto, si, en casos especiales, así lo exige el proyecto o el Director de Obra.
d) No se han plantado árboles, cuyas raíces puedan originar cambios de humedad en el terreno, o creado zonas verdes cuyo drenaje no esté previsto en el proyecto, sobre todo en terrenos expansivos.

Si bien es recomendable controlar los movimientos del terreno para cualquier tipo de construcción, en edificios de tipo C-3 y C-4 será obligado el establecimiento de un sistema de nivelación para controlar el asiento de las zonas más características de la obra, en las siguientes condiciones:

e) El punto de referencia debe estar protegido de cualquier eventual perturbación, de forma que pueda considerarse como inmóvil, durante todo el periodo de observación.
f) El número de pilares a nivelar no será inferior al 10% del total de la edificación. En el caso de que la estructura se apoye sobre muros, se preverá un punto de observación cada 20 m de longitud, como mínimo.

En cualquier caso el número mínimo de referencias de nivelación será de 4. La precisión de la nivelación será de 0,1 mm.

g) La cadencia de lecturas será la adecuada para advertir cualquier anomalía en el comportamiento de la cimentación. Es recomendable efectuarlas al completarse el 50% de la estructura al final de la misma, y al terminar la tabiquería de cada dos plantas de la edificación.
h) El resultado final de las observaciones se incorporará a la documentación de la obra.

En caso de tener que efectuar pruebas de servicio conforme al Programa de Control de Ejecución o bien por orden de la Dirección Facultativa para aceptación de un lote de ejecución o de obra terminada, éstas podrán ser realizadas por un laboratorio de control acreditado. Conocido el resultado de las pruebas se comprobará si estas son, o no, conformes con las condiciones de aceptación del proyecto (Plan de Control, Pliego de Condiciones). La Dirección Facultativa procederá a la aceptación o al rechazo del lote de ejecución.

10.2.5 Supervisión de la ejecución de la obra.

10.2.5.1 Generalidades:

Los elementos de contención de hormigón cumplirán los condicionantes de la instrucción EHE.

Durante el período de ejecución se tomarán las precauciones oportunas para asegurar la conservación en buen estado de los elementos de contención.

En el caso de presencia de aguas ácidas, salinas, o de agresividad potencial se tomarán las oportunas medidas. No se permitirá la presencia de sobrecargas cercanas a las cimentaciones, si no se han tenido en cuenta en el proyecto. En todo momento se debe vigilar la presencia de vías de agua.

En caso de observarse movimientos excesivos, debe procederse a la observación de la cimentación y del terreno circundante, de la parte enterrada de los elementos resistentes verticales y de las redes de agua potable y saneamiento, de forma que se pueda conocer la causa del fenómeno.

Las cargas a las que se sometan las estructuras de contención, no serán superiores a las especificadas en el proyecto.
Son de aplicación las comprobaciones a realizar sobre el terreno, sobre los materiales de construcción, durante la ejecución y las comprobaciones finales.

Es especialmente importante controlar las características de los elementos de impermeabilización y del material de relleno del trasdós.

ASPECTOS TÉCNICOS DE LAS PANTALLAS

Cuando se ejecuta una pantalla deben considerarse ciertos aspectos técnicos que podrían acarrear problemas:

- Tratamiento de Lodos.
- Muretes -Guía.

  Es conveniente darle dimensiones que no sean menores a 45 cm, ya que no solamente sirven de guía a la cuchara sino que también protegen la parte superior de la excavación donde la situación es más precaria.

- Armaduras.

  Las pantallas por lo general trabajan a la flexión, por ello la cuantía de la armadura es importante. Es muy importante comprobar el cálculo de la pantalla para garantizar su dimensionamiento correcto.

- Hormigón.

  Tomamos como parámetros de referencia en los hormigones a los siguientes:

  Relación a/c alta aproximadamente 0,6.
  Cono de 18 a 20 cm.
  Árido: tamaño máximo, no debe superar los 20 mm.

- Sobre-excavaciones.

  Las sobre-excavaciones pueden estar entre el 5 y el 20%. Debe comprobarse la calidad de los lodos a fin de mejorar la estabilidad de los paneles y disminuir estos sobreanchos. Si se emplea trépano, se pueden generar sobre-anchos mayores aún.

- Juntas.

Las juntas sirven para dar continuidad, verticalidad entre paneles y también impermeabilidad. Pueden emplearse varios tipos diferentes de juntas:

1. Juntas circulares: son tubos cilíndricos del mismo diámetro que el espesor de la pantalla.

2. Juntas semicirculares que permiten la excavación por su parte lisa.

3. Juntas trapezoidales: están formadas por elementos metálicos rectos que forman un prisma recto con base trapecial.

Las juntas más usadas son las trapezoidales, utilizadas por lo general en pantallas profundas ya que son de más fácil extracción y posibilitan disponer juntas *water-stop*, logrando mejor control en la verticalidad de paneles.

- Apoyos Intermedios.
- Control de Verticalidad.



Unión superior viga de atado muros pantalla.

10.2.5.2 Comprobaciones a realizar sobre el terreno.

Previo al vaciado del solar se construirá la viga de atado que unirá la cabeza de los paneles ejecutados. El vaciado y la colocación de los apoyos provisionales y definitivos se realizará según el proceso que se describe a continuación, el cual se corresponde con las hipótesis de trabajo de la pantalla fijadas para el cálculo:

Para los casos de un solo sótano:

Excavación hasta 1m de profundidad como máximo.
Colocación del apoyo provisional en los primeros 50cm.

Excavación hasta la profundidad de 3.20m como máximo.
Optativamente puede dejarse una banqueta entre las cotas -1.00 y -3.20m, o bajar en pozos desde la cota -1.00 para cimentar y elevar pilares y construir el apoyo definitivo a cota -0.10, continuando posteriormente con la excavación hasta la cota -3.20m.

Para los casos de dos sótanos:

Excavación hasta 0.50 m por debajo del plano de la cimentación colindante o hasta la cota -2.50 m como máximo si la pantalla está en zona de viales.
Colocación del apoyo provisional, a profundidad comprendida entre la base de la cimentación colindante y la excavación en zonas de medianería, o entre las cotas -1.00 y -2.00m en zonas de viales.

Excavación hasta la cota -5.90m.
Elevación de la estructura del edificio en el sótano y construcción de los apoyos definitivos a las cotas -0.10 y 2.30m. Construcción de la solera de fondo y eliminación del apoyo provisional.

Para los casos de tres sótanos:

Excavación hasta 0.50m por debajo de la base de la cimentación colindante, o hasta la cota -2.50m si la pantalla está en zona de viales.
Colocación del primer apoyo provisional, a profundidad comprendida entre la base de la cimentación colindante y la cota de excavación en zonas de medianería; o entre las cotas -1.00 y -2.00m en zonas de viales.

Excavaciones hasta la cota -6.00m, como máximo.
Colocación del segundo apoyo provisional, comprendido entre las cotas -5.40 y -5.90 m.

Excavación hasta la cota -8.60m, como máximo.
Elevación de la estructura del edificio en el sótano y construcción de los apoyos definitivos a las cotas -0.10m, -2.80m y -5.50m, respectivamente.

Construcción de la solera de fondo y eliminación de los apoyos provisionales.
Optativamente con la excavación a la cota -6.00 m puede dejarse una banqueta entre las cotas -6.00 y 8.60 m, o bajar en pozos para cimentar y elevar pilares, y construir directamente el apoyo definitivo a la cota -5.50 m para continuar posteriormente con la excavación hasta la cota -8.60 m.

10.2.5.3 Comprobaciones a realizar sobre los materiales de construcción

Se comprobará que:

a) Los materiales disponibles se ajustan a lo establecido en el proyecto de edificación y son idóneos para la construcción.
b) Las resistencias son las indicadas en el proyecto.

10.2.5.4 Comprobaciones durante la ejecución

Se dedicará especial atención a comprobar que:

a) El replanteo es correcto.
b) Se han observado las dimensiones y orientaciones proyectadas.
c) Se están empleando los materiales objeto de los controles ya mencionados.
d) La compactación o colocación de los materiales asegura las resistencias del proyecto.
e) Las armaduras son del tipo, número y longitud fijados en el proyecto.
f) Los recubrimientos son los exigidos en proyecto.
g) Los dispositivos de anclaje de las armaduras son los previstos en el proyecto.
h) La colocación y vibración del hormigón son las correctas.
i) Las vigas de atado y centradoras así como sus armaduras están correctamente situadas.

j) Los agotamientos entran dentro de lo previsto y se ajustan a las especificaciones del estudio geotécnico para evitar sifonamientos o daños a estructuras vecinas.
k) Las juntas corresponden con las previstas en el proyecto.
l) Las impermeabilizaciones previstas en el proyecto se están ejecutando correctamente.



Retranqueo muro.

10.3 Valoración de las comprobaciones.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre la ejecución de los elementos de contención se obtengan discrepancias importantes de los datos del proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones de: la distancia entre ejes en el replanteo; tipo, disposición, número, diámetro, longitud, doblado, separación y recubrimientos de las armaduras; vertido, compactación y curado del hormigón; separación entre armaduras y recubrimientos; separación entre cercos; radio de doblado, disposición y longitud de empalmes, solapos y anclajes; dimensiones de la excavación; planeidad de la superficie…, deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE.

A continuación, tenemos un cuadro resumen que nos explica los controles necesarios y recomendados para realizar la ejecución de un muro pantalla de la forma más eficaz posible.

Controles a realizar	**Número de controles**	**Condición de no aceptación automática**
	Muretes guía	
Dimensiones de la excavación.	Uno por tramo de muretes.	Inferiores a las especificaciones.
Separación de los muretes.	Uno por tramo de muretes.	Variaciones superiores a +/-3cm de las especificadas.
Disposición número y diámetro.	Uno por tramo de muretes.	Distintos a los especificados.
Replanteo del tramo de pantalla.	Uno por tramo de muretes.	Mayor del 10% de la especificada y no acumulativa.
	Panel hormigonado in situ	
Replanteo del tramo de pantalla.	Uno al iniciarse los trabajos.	Existen variaciones superiores a +/-5cm según lo especificado en la Documentación Técnica.
Dimensiones del útil de perforación.	Uno al iniciarse los trabajos.	Variaciones superiores a +/-2cm sobre el ancho teórico.
Longitud y profundidad de la perforación.	Uno por panel.	Variaciones superiores a +/-5cm de las especificadas.
Desplome de la perforación.	Uno por panel.	Desviación de la vertical superior al 2.5%.

Desviación en planta de la perforación.	Uno por panel.	Superiores a 5mm/m.
Características del lodo durante la perforación.	Uno por día.	Viscosidad y estabilidad fuera de los límites especificados.
Nivel del lodo.	Uno por panel.	Por debajo de la cota inferior de los muretes guía.
Limpieza del fondo de la perforación.	Uno por panel.	No se ha realizado antes de colocar la armadura.
Regeneración del lodo por contenido de arena, o viscosidad.	Uno por panel.	Cuando el contenido de arena sea superior al 3% en peso, o la viscosidad Marsh sea superior a 45 segundos, inmediatamente antes de la colocación de armaduras y juntas.
Espesor y empotramiento de las juntas laterales.	Uno por panel.	No se ha empotrado en el fondo. Espesor distinto del especificado.
Posición, número y diámetros de barra de las armaduras de la jaula.	Uno por panel.	Distintas de las especificadas.
Distancias y solapes de barras de las armaduras.	Uno por panel.	Inferiores al 90% de las especificadas.
Soldadura de armaduras	Uno al iniciarse los trabajos.	El electrodo utilizado no es el adecuado al tipo de acero.
Rigidez de la jaula	Uno por panel.	Deformaciones aparentes.

Separadores de recubrimiento	Uno por panel.	Menores de 7cm.
Colocación de la jaula.	Uno por panel.	No están suspendidas o no están centradas en la perforación.
Introducción del hormigón en la perforación.	Uno por panel.	El extremo de la tubería de hormigonar no llega al fondo de la perforación, o no está sumergida en el hormigón 5m como mínimo, 3m si no se utilizan lodos.
Duración del hormigonado.	Uno por panel.	Superior al 70% del tiempo de comienzo de fraguado de la mezcla utilizada.
Extracción de juntas laterales.	Uno por panel.	El hormigón no tiene la rigidez suficiente y se desmorona.
Viga de atado de paneles		
Tipo de acero, disposición y diámetro de las armaduras.	Uno por viga.	Distinto del especificado.
Longitudes de empalme, solapos y anclajes.	Uno por viga.	Inferiores en un 10% de los especificados.
Separación entre cercos	Uno por viga.	Mayor en un cm. de la especificada y no acumulativa.
Recubrimiento de la armadura longitudinal.	Uno por viga.	Inferior al especificado.

En cualquier caso, el ingeniero de edificación responsable valorará, en función del riesgo, si la discrepancia con los datos del proyecto es aceptable o no.



Vista general.

10.4. Conclusiones técnicas.

Conclusiones y Recomendaciones

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación de la ejecución de estructuras de contención, muros pantalla, para facilitar los trabajos de control de ejecución y así dejar un registro de la parte inspeccionada.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución (p.ej., muros en ménsula, muros de sótano, muros pantalla, vigas centradoras con mayores esfuerzos, elementos que por su complejidad conviene una inspección singular, etc.)

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de inspección de la ejecución de la estructura adoptada.

10.5. Informes y documentos derivados de la verificación.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán los Informes y documentos derivados de la evaluación del proyecto de estructuras de contención, muros pantalla, para facilitar los trabajos de control de ejecución, de proyecto y ejecución de estructura.

Todas las comprobaciones efectuadas, además de las conclusiones y recomendaciones quedarán reflejadas en las listas de comprobación.

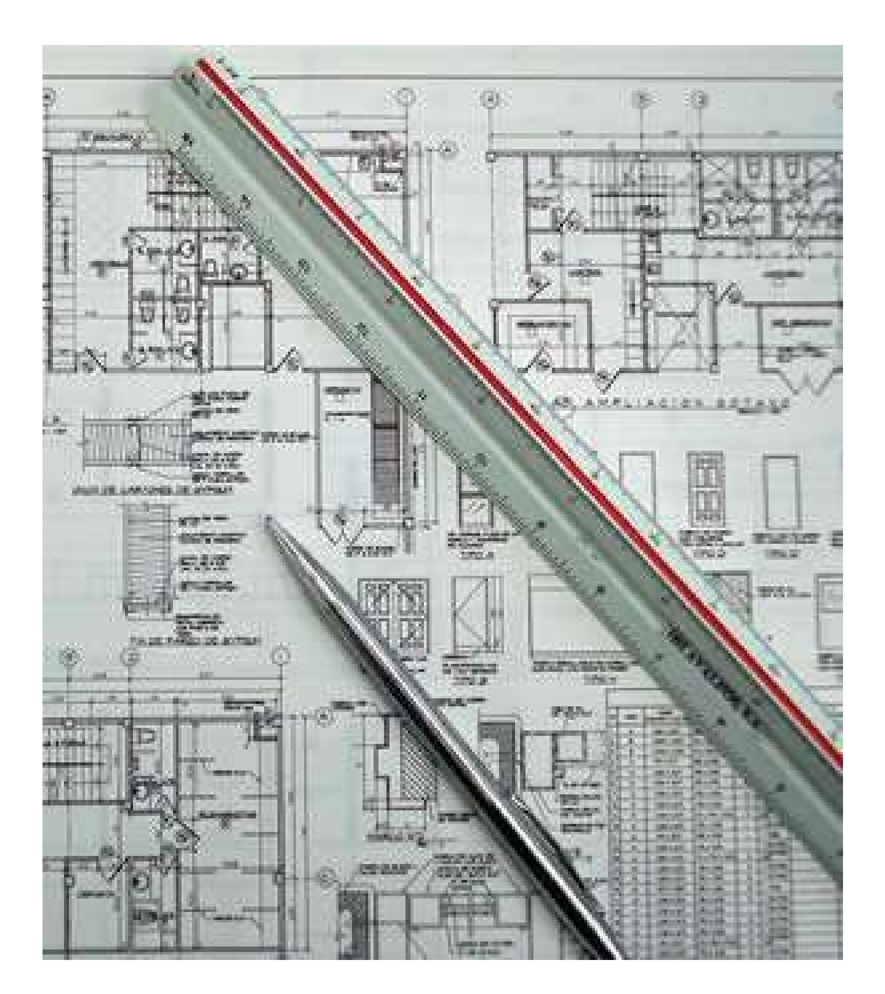



11. PILOTES PREFABRICADOS. FASE PROYECTO.

ÍNDICE



Pilotes prefabricados.



11. PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE PROYECTO.

11.1 Descripción del proceso de control.

Como documentación de partida para el control del proyecto de los pilotes prefabricados será necesaria la siguiente documentación:

- Inspección Preliminar del Emplazamiento, del que deberán extraerse los siguientes datos:

  - Riesgos Ambientales.
  - Riesgos del terreno: Topográficos, presencia de agua, agresividad del terreno o aguas freáticas, sismicidad, especiales.
  - Riesgos por preexistentes: Descripción, estado de conservación, deterioros.
  - Riesgos por colindantes: Descripción, estado conservación, deterioros.

- Otros riesgos: Presencia o proximidad de colectores, redes de agua, depósitos de combustible, explosivos.

- Estudio Geotécnico, del que se tomarán los siguientes datos:

  - Naturaleza del subsuelo del plano de cimentación.
  - Cota de apoyo de cimentación.
  - Tensión admisible. Coeficiente de seguridad adoptado. Asientos.
  - Agresividad del medio (agua, suelo).
  - Nivel freático por encima de la cota de cimentación. Métodos de rebajamiento del nivel freático (bombeo mediante pozos, well-point, etc.)
  - Arcillas expansivas. Empleo de medidas correctoras.
  - Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.
  - Recomendaciones que puedan ser de utilidad para la revisión del Proyecto.

- Copia del Proyecto de Ejecución, con los documentos que se indican a continuación:

  - Memoria de Cálculo.
  - Planos de Cimentación.
  - Pliego de Condiciones y Estado de Mediciones y Presupuesto.

La supervisión del proyecto de la cimentación profunda mediante pilotes prefabricados, se realizará siguiendo la sistemática general que se define para la revisión del Proyecto de modo que se realizan las dos actividades:

- Supervisión documental de Proyecto.
- Supervisión del dimensionado.

11.2 Supervisión documental de proyecto.

11.2.1 Memoria y Anejos.

En el documento Memoria de Cálculo, se presta especial atención a:

- Normativa aplicada.
- Descripción de la cimentación.
- Tensión admisible del terreno.

- Agresividad del medio (agua, suelo).
- En zona sísmica, exigencias de arriostramiento.
- Sistema y método de cálculo empleado.
- Acciones consideradas en el cálculo.
- Hipótesis de carga realizadas y coeficientes parciales de seguridad según el nivel de control establecido.
- Características resistentes de los materiales.
- Medidas de rebajamiento del nivel freático, en el caso de que esté por encima de la cota de cimentación.
- En el caso de arcillas expansivas, medidas correctoras.
- Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.

11.2.2 Planos.

En el documento Planos, se presta especial atención en los Planos de Cimentación a:

- Replanteo de la cimentación. Acotación a ejes o puntos fijos de pilares.
- Indicación de la cota del plano de cimentación y cota del nivel freático, en caso de afectar a la excavación.
- Cuadro de zapatas/encepados, con indicación de la cuantía y disposición de armados en cada dirección, con indicación de las patillas necesarias, en su caso. Indicación clara de los ejes considerados para evitar errores de interpretación.
- Tensión admisible del terreno.
- Cuadro de características de materiales.
- Cuadro de longitudes de anclaje-solape en función de la calidad del hormigón y del acero.
- Cuadro de esperas de pilares.
- Detalles de planos de cimentación.
    - Plano de replanteo de los pilotes prefabricados.
    - Espesor mínimo del hormigón de limpieza. Indicación de separadores.
    - Detalle del armado de vigas de atado y vigas centradoras. Secciones tipo.
    - Encuentros de vigas de atado y centradoras en los elementos de cimentación.
    - Detalle de arranques de pilares.

- Detalle de cimentaciones para juntas de dilatación en estructura, juntas en “diapasón”.
- Detalle del foso de ascensor (en su caso), e interferencia con los cimientos.
- Detalle del encuentro de la cimentación (vigas), con la red de albañales.
- Detalle de conexión con la red de puesta a tierra. Ver planos de instalaciones.
- Cota de niveles de hincado.

Trabajos de hincado de pilotes.

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con el resto de los documentos del Proyecto, principalmente con el Pliego de Condiciones y el Estado de Mediciones y Presupuesto.

La consecuencia directa de la supervisión documental del Proyecto es la solicitud mediante documento escrito de aquellas deficiencias detectadas en cuanto a la definición del Proyecto.

Para la supervisión documental de Proyecto se rellenará una lista de comprobación, (anexos) de modo que se verifica en los documentos del Proyecto Memoria y Planos la existencia y adecuación de los puntos anteriores.

11.3 Supervisión del dimensionado estructural.

11.3.1 Metodología de análisis y muestreo.

La revisión de los pilotes prefabricados, se realizará en base a un mínimo de elementos.

Estos elementos se seleccionarán preferentemente de entre los más cargados, mayores dimensiones y/o cuantías de armado.

Se prestará especial atención a elementos o disposiciones constructivas singulares, así como aspectos detectados que por su naturaleza o situación puedan derivar en situaciones específicas de riesgo.

Se propone en general para esta unidad de obra un muestreo:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

11.3.2 Adecuación de acciones.

El análisis de la cimentación desde el Proyecto implica el estudio detallado de la misma en la memoria y los planos con la finalidad de encaminar el posterior proceso de cálculo mediante la identificación de los elementos más conflictivos antes de entrar en la comprobación de los cálculos.

Con respecto al análisis de las cargas en la Memoria de cálculo tiene el objeto de obtener el dato de las acciones consideradas en Proyecto de las cargas para, posteriormente hacer una superposición con el dato recogido en la NCSR-02. En concreto se recogen los valores de:

- Concargas:
  Peso propio

  Cargas permanentes

- Sobrecargas:
  Sobrecarga de uso

  Sobrecarga de tabiquería

- Nieve:
  En función de la altura topográfica se tomarán los valores de carga que correspondan

- Viento:
  Será considerado en las zonas en las que la ubicación del edificio sea expuesta

- Sismo:
  Será considerado en las zonas sísmicas

Consideraciones.

Si las acciones propuestas son iguales o inferiores a las de normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las reglamentarias.

Si las acciones propuestas son superiores a las de la normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las consideradas en Proyecto, previa confirmación del proyectista.

- Coeficientes de mayoración y minoración, se registrarán los considerados en Proyecto.
- Determinación de esfuerzos:
  - Combinaciones de las acciones consideradas, según el Artículo 13 "Combinación de Acciones" de la EHE.
  - Características de los materiales, se registrarán los valores de resistencia característica del hormigón y del acero.

11.3.3 Adecuación a la normativa sismorresistente.

La aplicación de la norma NCSR-02 es de obligado cumplimiento en las estructuras de edificación que nos ocupan, por lo que será preceptiva su consideración en los casos en los que lo indique la norma. En caso de no aplicarse, acogiéndose al art 1.2.3. de la citada norma, se deberá justificar tal circunstancia.

En cualquier caso deberá indicarse tanto en la Memoria como en los planos, la aceleración básica, el grado de ductilidad, disposiciones constructivas, etc.

11.3.4 Determinación de Esfuerzos.

La determinación de los esfuerzos en la cimentación se hará con arreglo a los principios de la mecánica racional, complementados en caso necesario por las teorías clásicas de la resistencia de materiales y de la elasticidad.

Las simplificaciones efectuadas sobre la estructura real para transformarla en una ideal de cálculo se describirán detalladamente, incluyendo el modelo estructural, dimensiones, características mecánicas, tipos de conexiones en nudos y condiciones de sustentación (incluidas las características del terreno).

11.3.5 Cumplimiento de condiciones de seguridad de cimentación.

Una vez obtenidos los esfuerzos de cálculo, se verificará la adecuación de la cimentación proyectada, analizando las condiciones generales de estabilidad y los estados límites últimos, verificando que se cumplen los coeficientes de seguridad exigidos por la normativa vigente.

Pilotes prefabricados.

Comprobaciones relacionadas con el terreno.

- Tensiones sobre el terreno. Todas las cimentaciones se conciben en la hipótesis de que el suelo situado debajo de las mismas se halle aproximadamente en el mismo estado en que fue encontrado durante las investigaciones realizadas para estudiarlos. . Si dentro de la zona que pudiera quedar afectada por el encepado se encuentran puntos excepcionalmente blandos, deben de proyectarse de nuevo.

- Tensiones sobre el terreno. La tensión media sobre el terreno debe ser inferior a la tensión admisible, (estudio geotécnico). La tensión máxima bajo cargas gravitatorias no debe ser superior en un **25%** a la tensión admisible. La tensión máxima bajo cargas de viento no debe ser superior en un **25%** a la tensión admisible. La tensión máxima bajo cargas de sismo no debe ser superior en un **50%** a la tensión admisible.

- Comprobación de asientos.



Trabajos de pilotaje.

Comprobaciones relacionadas con la seguridad estructural.

- Comprobación a flexión. Esta comprobación deberá realizarse en dirección X e Y. Como mínimo se debe disponer la cuantía mecánica de flexión, (0,04 Uc), por condiciones de no fragilidad. Artículo 42.3.2. EHE.

- Comprobación a esfuerzo cortante y/o punzonamiento. El primero se realizará en las direcciones X e Y de la zapata o encepado.

- Comprobación de las condiciones de anclaje de la parrilla.

- Anclaje y solape de las esperas de pilares. La longitud de anclaje se consigue por prolongación recta de las armaduras para barras trabajando a compresión. Puede ("Cálculo de Estructuras de Cimentación", J. Calavera), reducirse este valor a 2/3 de la longitud de anclaje siempre que el recubrimiento lateral sea grande, (excepto zapatas de esquina y medianería).

- En caso de que puedan existir acciones dinámicas, (p.ej. sismo), las longitudes de anclaje dispuestas deben aumentarse en 10 diámetros. Artículo 66.5.1. EHE.

- La armadura longitudinal deberá estar formada por barras de diámetro mayor o igual que 12 mm, en número mínimo de 6 y separadas como máximo 20 cm.

- La cuantía mínima de acero será el 0,4 % de la sección total en los pilotes hormigonados in situ y el 1% en los prefabricados. En los pilotes de hormigón encamisados con chapa, la sección de ésta, descontada la previsión de corrosión, puede sustituir parcialmente (como máximo el 50 %) a la armadura longitudinal requerida. NCSE-02-Apartado 4.3.3

- La armadura transversal deberá extenderse en toda la longitud de la armadura longitudinal. Puede estar constituida por cercos o espiral, cuyos diámetros deberán ser mayores o iguales de 6 mm.

Vigas de atado.

- Comprobación de la armadura necesaria frente a axil. La viga de atado debe dimensionarse para un 5% (1/20) de la carga axil de cálculo del soporte más cargado de los dos que une. En compresión se puede considerar que trabaja la sección nominal de hormigón, (0,85 Ac fcd), mientras que en tracción trabaja únicamente la armadura.

- Comprobación de las condiciones de anclaje de la armadura longitudinal de la viga. Deben anclarse en ambas zapatas la longitud de anclaje, lbII, a partir del soporte.

- En caso de que puedan existir acciones dinámicas, (p.ej. sismo), las longitudes de anclaje dispuestas deben aumentarse en 10 diámetros.

Vigas centradoras.

- Comprobación de la cuantía geométrica mínima de armadura en la cara traccionada. Conforme a tabla del artículo 42.3.5. EHE. Mínimo del 3,3 por mil para B 400 S y 2,8 por mil para B 500 S.

- Cuantía mínima a flexión. Como mínimo se debe disponer 0,04 Uc, por condiciones de no fragilidad. Artículo 42.3.2. EHE.

- Comprobación de la armadura necesaria por cálculo a flexión.

- Comprobación de la armadura necesaria por cálculo a cortante.

- Comprobación de las condiciones de anclaje de la armadura longitudinal de la viga. Armadura superior, intermedia e inferior. En el soporte centrado se debe anclar la armadura superior, a partir del eje, una fuerza igual al cortante de cálculo. La armadura de montaje (en su caso) y de piel se introduce en la zapata su longitud de anclaje (lbI). La armadura superior se corta donde deja de ser necesaria, anclándose a partir de ese punto, (lbII). El resto se ancla a partir del eje del pilar.

- En caso de que puedan existir acciones dinámicas, (p.ej. sismo), las longitudes de anclaje dispuestas deben aumentarse en 10 diámetros.

11.3.6 Cumplimiento de condiciones de durabilidad.

Se deberá identificar tanto en la memoria como en los planos la designación del ambiente para determinar la calidad del hormigón y en el caso de agresividad del suelo y/o agua el empleo de medidas correctoras, de acuerdo con lo establecido en el apartado 8.2 de la EHE.

Además se debe indicar en Memoria y Planos los recubrimientos mínimos, adecuados al tipo de ambiente, así como cualquier otra medida a tomar durante al ejecución de la obra.

11.4 Valoración de las comprobaciones.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre el proyecto de cimentación se obtengan discrepancias importantes con los valores de las cargas en cimentación o esfuerzos considerados en el proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones del dimensionamiento de los elementos de cimentación, (hundimiento, vuelco, estados límites últimos de flexión, cortante, punzonamiento, longitud de anclaje, etc.), los coeficientes de seguridad obtenidos deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE.

Sin embargo las posibles diferencias en los métodos de cálculo y simplificaciones habituales pueden llevar a obtener en la comprobación valores ligeramente inferiores del coeficiente de seguridad a los obtenidos en el diseño y dimensionamiento. En este caso, el director de obra valorará, en función del riesgo, si la baja del coeficiente de seguridad respecto del valor fijado por la normativa es aceptable o no.

Frente a estados límites últimos de flexión y flexocompresión el límite máximo aceptable sería del 10%, mientras que para e.l.u. susceptibles de producir una rotura frágil, (p.ej. punzonamiento), no parece prudente aceptar valores inferiores a un 5% al fijado por la normativa.

11.5 Conclusiones técnicas.

Conclusiones y Recomendaciones.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación del proyecto de cimentación profunda mediante pilotes prefabricados, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y de proyecto y ejecución de estructura.

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica del Riesgo de la cimentación.

Si hay cualquier modificación o desviación del proyecto inicial debe ser estudiada y aceptada antes del inicio de cualquier trabajo:

- Cambio en las tolerancias geométricas.
- Empleo materiales de construcción diferentes a los previstos.
- Utilización de armaduras especiales,
- Inyección de fustes y bases de los pilotes.
- Utilización de azuches.
- Utilización de ayudas a la hinca. (Preperforación, inyección de agua, etc.)
- Utilización de revestimientos para reducir el rozamiento.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución. Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de revisión del proyecto de estructura y de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

Todas las comprobaciones efectuadas, además de las *conclusiones* y *recomendaciones* quedarán reflejadas en las listas de comprobación.




12.PILOTES PREFABRICADOS. FASE EJECUCIÓN.

ÍNDICE



Pilotes prefabricados.

12. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

12.1. Descripción del proceso de verificación.

El Programa de Control de Ejecución aprobado por la Dirección Facultativa deberá haber identificado para la ejecución de obra, la obra terminada y sus instalaciones, entre otros los siguientes aspectos, como metodología de control:

a. Niveles de control para los factores de ponderación considerados
b. Lotes de ejecución (y de obra e instalaciones terminadas)
c. Unidades de inspección
d. Frecuencias de comprobación
e. Pruebas de servicio sobre obra terminada y sus instalaciones, o en fases de su ejecución (pruebas parciales o finales).

12.1.1. Programación

La programación del control de calidad de ejecución de la obra debe adecuarse a las particulares circunstancias del edificio y de su entorno, como de la propia obra, considerando unos posibles factores de ponderación que pueden venir a modificar dicha programación, tanto en lo relativo a la recepción de productos y equipos, como a la ejecución de la obra y la obra terminada.

Actualmente, son de aplicación niveles de control por exigencia de la EHE vigente, en los materiales y en la ejecución; distintos niveles de control, por exigencias del Libro de Control de Calidad en Obras de Edificación de Viviendas (LC-91), para distintos factores de riesgo (dimensional, estructural, sísmico, geotécnico, medio ambiental, etc.).

Por otras causas, también puede ser modificado (simplificado) el control de recepción en obra de productos y equipos, si éstos ostentan un distintivo de calidad oficialmente reconocido (certificación voluntaria). En cuanto al control de ejecución, si el contratista dispone de un plan de aseguramiento de la calidad específico para la obra o, en el mejor de los casos, si su actividad está certificada mediante un distintivo de calidad oficialmente reconocido, esto puede dar lugar a que se aplique una disminución del control de ejecución (externo) por la Dirección Facultativa.

12.2. Metodología de análisis y muestreo

12.2.1. Lotes de ejecución

Se dividirá la obra o instalación en partes o lotes de ejecución, coherentes con el desarrollo previsto en el Plan de Obra (del contratista), para la ejecución de cada uno de ellos. Para ello, los lotes de ejecución se definirán e identificarán aplicando los siguientes criterios:

- Se corresponderán con partes sucesivas en el proceso de ejecución de la obra. (Plan de Obra)

- Agruparán elementos de tipología semejante, en su caso.

- Se dimensionarán teniendo en cuenta que un lote de ejecución es una parte de la obra o de una instalación, cuya ejecución es posible someter a aceptación en su conjunto (recepción por la D.F.).

Es conveniente que la identificación de los lotes de ejecución se efectúe también mediante una documentación gráfica.

Siendo para los lotes de control de la resistencia para hormigones, en función de sus solicitaciones, las siguientes restricciones:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

Cuando un lote esté constituido por amasadas de hormigones en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, podrá aumentarse su tamaño multiplicando los valores de la tabla 86.5.4.1 por cinco o por dos, en función de que el nivel de garantía para el que se ha efectuado el reconocimiento sea conforme con el apartado 5.1 o con el apartado 6 del Anejo nº 19, respectivamente. En estos casos de tamaño ampliado del lote, el número mínimo de lotes será de tres correspondiendo, si es posible, cada lote a elementos incluidos en cada columna de la Tabla 86.5.4.1. En ningún caso, un lote podrá estar formado por amasadas suministradas a la obra durante un período de tiempo superior a seis semanas.

12.2.2. Definición de procesos

Definido cada lote de ejecución, se identificará la totalidad de los procesos y actividades susceptibles de ser comprobados en cada lote, por la Dirección Facultativa. Constituye una unidad de inspección la dimensión o tamaño máximo de un proceso o actividad comprobable (en general) en una visita de inspección a la obra. Así, en función de los desarrollos de procesos y actividades previstas en el Plan de Obra, en cada inspección a la obra de la Dirección Facultativa podrá comprobarse solo un determinado número de unidades de inspección, las cuales, pueden corresponder a uno o más lotes de ejecución.

Con los anteriores criterios se definirá el tamaño máximo o dimensión de cada unidad de inspección, según el tipo de obra.

Para esto, se pueden confeccionar listados de control asociados, como apoyo al procedimiento de verificación de los procesos y actividades de la obra y sus instalaciones.

12.2.3. Frecuencias

Para cada proceso o actividad incluida en un lote de ejecución, la Dirección Facultativa procederá a su control externo mediante un número mínimo de comprobaciones, es decir, establecerá las frecuencias de comprobación en función de los niveles de control para los factores de ponderación considerados en el Programa de Control de Ejecución y aquellos otros ordenados por la Dirección Facultativa.

Control a nivel intenso: Este nivel de control, además del control externo, exige que el Constructor posea un sistema de calidad propio, auditado de forma externa, y que la elaboración de la ferralla y los elementos prefabricados, en caso de existir, se realicen en instalaciones industriales fijas y con un sistema de certificación voluntario.

Si no se dan estas condiciones, la Dirección de Obra deberá exigir al Constructor unos procedimientos específicos para la realización de, al menos, tres inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Para este nivel de control, externo, se exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel normal: Este nivel de control externo es de aplicación general y exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel reducido: Este nivel de control externo es aplicable cuando no existe un seguimiento continuo y reiterativo de la obra y exige la realización de, al menos, una inspección por cada lote en los que se ha dividido la obra.

12.2.4. Pruebas finales

Antes de la puesta en servicio del edificio se debe comprobar que:

a) No se aprecia que se estén superando las cargas admisibles Las zapatas/encepados se comportan en la forma prevista en el proyecto;
b) Los asientos se ajustan a lo previsto, si, en casos especiales, así lo exige el proyecto o el Director de Obra;
c) No se han plantado árboles, cuyas raíces puedan originar cambios de humedad en el terreno de cimentación, o creado zonas verdes cuyo drenaje no esté previsto en el proyecto, sobre todo en terrenos expansivos.

Si bien es recomendable controlar los movimientos del terreno para cualquier tipo de construcción, en edificios de tipo C-3 y C-4 será obligado el establecimiento de un sistema de nivelación para controlar el asiento de las zonas más características de la obra, en las siguientes condiciones:

d) El punto de referencia debe estar protegido de cualquier eventual perturbación, de forma que pueda considerarse como inmóvil, durante todo el periodo de observación;
e) El número de pilares a nivelar no será inferior al 10% del total de la edificación. En el caso de que la estructura se apoye sobre muros, se

prevera un punto de observación cada 20 m de longitud, como mínimo. En cualquier caso el número mínimo de referencias de nivelación será de 4. La precisión de la nivelación será de 0,1 mm;

f) La cadencia de lecturas será la adecuada para advertir cualquier anomalía en el comportamiento de la cimentación. Es recomendable efectuarlas al completarse el 50% de la estructura al final de la misma, y al terminar la tabiquería de cada dos plantas de la edificación;
g) El resultado final de las observaciones se incorporará a la documentación de la obra.



Hinca de pilotes.

En caso de tener que efectuar pruebas de servicio conforme al Programa de Control de Ejecución o bien por orden de la Dirección Facultativa para aceptación de un lote de ejecución o de obra terminada, éstas podrán ser realizadas por un laboratorio de control acreditado. Conocido el resultado de las pruebas se comprobará si estas son, o no, conformes con las condiciones de aceptación del proyecto (Plan de Control, Pliego de Condiciones). La Dirección Facultativa procederá a la aceptación o al rechazo del lote de ejecución.

12.2.5. Supervisión de la ejecución de la obra.

12.2.5.1. Generalidades:

Durante el período de ejecución se tomarán las precauciones oportunas para asegurar la conservación en buen estado de las cimentaciones.

En el caso de presencia de aguas ácidas, salinas, o de agresividad potencial se tomarán las oportunas medidas. No se permitirá la presencia de sobrecargas cercanas a las cimentaciones, si no se han tenido en cuenta en el proyecto. En todo momento se debe vigilar la presencia de vías de agua, por el posible descarnamiento que puedan dar lugar bajo las cimentaciones. En el caso en que se construyan edificaciones próximas, deben tomarse las oportunas medidas que permitan garantizar el mantenimiento intacto del terreno y de sus propiedades tenso-deformacionales.

La observación de asientos excesivos puede ser una advertencia del mal estado de las cimentaciones (ataques de aguas selenitosas, desmoronamiento por socavación, etc.); de la parte enterrada de pilares y muros o de las redes de agua potable y de saneamiento. En tales casos debe procederse a la observación de la cimentación y del terreno circundante, de la parte enterrada de los elementos resistentes verticales y de las redes de agua potable y saneamiento, de forma que se pueda conocer la causa del fenómeno.

En edificación cimentada de forma directa no se harán obras nuevas sobre la cimentación que pueda poner en peligro su seguridad, tales como:

a) Perforaciones que reduzcan su capacidad resistente;
b) Pilares u otro tipo de cargaderos que trasmitan cargas importantes;
c) Excavaciones importantes en sus proximidades u otras obras que pongan en peligro su estabilidad.

Las cargas a las que se sometan las cimentaciones, en especial las dispuestas sobre los sótanos, no serán superiores a las especificadas en el proyecto. Para ello los sótanos no deben dedicarse a otro uso que para el que fueran proyectados. No se almacenarán materiales que puedan ser dañinos para los hormigones.

Cualquier modificación de las prescripciones descritas de los dos párrafos anteriores debe ser autorizada por el Director de Obra e incluida en el proyecto.

12.2.5.2. Comprobaciones a realizar sobre el terreno de cimentación

Antes de proceder a la ejecución de la cimentación se realizará la confirmación del estudio geotécnico. Se comprobará visualmente, o mediante las pruebas que se juzguen oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con las previsiones del proyecto. El resultado de tal inspección, definiendo la profundidad de la cimentación de cada uno de los apoyos de la obra, su forma y dimensiones, y el tipo y consistencia del terreno se incorporará a la documentación final de obra. Estos planos quedarán incorporados a la documentación de la obra acabada.

En particular se debe comprobar que:

a) El nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y apreciablemente la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico;
b) El nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas;
c) El terreno presenta apreciablemente una resistencia y humedad similar a la supuesta en el estudio geotécnico;
d) No se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc.;
e) No se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres;

12.2.5.3. Comprobaciones a realizar sobre los materiales de construcción

Se comprobará que:

a) Los materiales disponibles se ajustan a lo establecido en el proyecto de edificación y son idóneos para la construcción;
b) Las resistencias son las indicadas en el proyecto.

12.2.5.4. Comprobaciones durante la ejecución

Se dedicará especial atención a comprobar que:

a) El replanteo es correcto;
b) Se han observado las dimensiones y orientaciones proyectadas;
c) Se están empleando los materiales objeto de los controles ya mencionados;
d) La compactación o colocación de los materiales asegura las resistencias del proyecto;
e) Los encofrados están correctamente colocados, y son de los materiales previstos en el proyecto;
f) Las armaduras son del tipo, número y longitud fijados en el proyecto;
g) Las armaduras de espera de pilares u otros elementos se encuentran correctamente situadas y tienen la longitud prevista en el proyecto;
h) Los recubrimientos son los exigidos en proyecto;
i) Los dispositivos de anclaje de las armaduras son los previstos en el proyecto;
j) El espesor del hormigón de limpieza es adecuado;
k) La colocación y vibración del hormigón son las correctas;
l) Se está cuidando que la ejecución de nuevas cimentaciones no altere el estado de las contiguas, ya sean también nuevas o existentes;
m) Las vigas de atado y centradoras así como sus armaduras están correctamente situadas;
n) Los agotamientos entran dentro de lo previsto y se ajustan a las especificaciones del estudio geotécnico para evitar sifonamientos o daños a estructuras vecinas;
o) Las juntas corresponden con las previstas en el proyecto;
p) Las impermeabilizaciones previstas en el proyecto se están ejecutando correctamente.

Pilotes prefabricados de hormigón (CPP-1)

Se deben controlar los siguientes puntos:

- Sección. Diámetros equivalentes.
- Longitud. Empalmes. Tipo de azuche.
- Materiales. Tensiones admisibles. Resistencia estructural.
- Copia de las partes de rotura del hormigón.
- Certificado del acero utilizado.

- Fecha de fabricación. El pilote debe tener más de 28 días si se hace hinca dura.
- Características de la hinca (Peso de la maza, altura de caída). Fórmulas de hinca aplicables.
- Refuerzo de cabeza. Para la hinca con una altura de caída superior a 0,50 m.
- Tolerancias de ejecución en obra (Replanteo e inclinación).
- Rechazo estimado de Proyecto.
- Cuadro de pilotes con profundidades de hinca y tolerancia de las mismas.



Vista aérea.

En obras grandes es útil dibujar en un plano de planta las curvas de nivel de las profundidades a que se alcanzó rechazo, tanto de los pilotes como de los penetrómetros de control que conviene hacer previamente al pilotaje.

En el inicio de la obra se harán pilotes de prueba a modo de penetrómetros, contando el nº de golpes de cada 20 cm. de avance**.** En su parte de hinca se registrará el rechazo obtenido en cada andanada desde el comienzo de la operación.

Si la hinca es dura (más de 400 mazazos por 20 cm. de avance), es aconsejable aumentar el peso de la maza ya que, de lo contrario, la cabeza podría quedar excesivamente machacada o el pilote se podría partir por tracción ó por flexión o cortante.

Si la rotura se produce en profundidad no se aprecia desde fuera, salvo una tendencia a inclinarse el pilote o por un cambio en el sonido y en el proceso de hinca. Por ejemplo, se consideran pilotes con posibilidades de rotura los que, habiendo llegado a un rechazo muy pequeño, comienzan súbitamente a dar un rechazo mucho mayor. Si se tiene sospecha de rotura con algún fundamento, el pilote no debe aceptarse.

Es obligatorio comprobar el rechazo al final de la hinca de todos los pilotes, midiendo el avance del pilote en tres andanadas de diez golpes, continuando la hinca si no se ha alcanzado el límite de rechazo prefijado.

En la hinca de pilotes columna se comprobará que la hinca no produce elevación de los hincados. Si así fuera, se procederá a rehincar los pilotes para asegurar su contacto con el estrato resistente.

Las desviaciones en el rechazo esperado pueden ser un signo de solidificación del suelo cuando se registra un rechazo más bajo del esperado, o a sobrepresiones de agua. En este caso, si se rehinca un día después, preferiblemente por la mañana, puede mostrar un comportamiento real de rechazo.

En los pilotes en que se prevé su apoyo en roca, muchas veces se aprecia con claridad cuando se alcanza la misma, no sólo por el aumento brusco de la dificultad de la hinca, sino incluso por el sonido. Debe detenerse el golpeo, o bien dar algunos golpes para asegurar el buen asiento, pero con menor altura de caída de maza, para evitar el riesgo de romper el pilote.

En el caso de que los pilotes requieran una profundidad mayor de la prevista inicialmente, puede ser preciso el empalme y prolongación de pilotes que no tengan junta. Para esto se descabezará el último tramo hincado 15 a 20 cm. y

se ejecutará la junta hembra con mortero de resina epoxi. Si el empalme se hace con hormigón el descabezado será de 100 cm.

Se hará un parte de hinca de cada pilote, en el que se reflejarán:

- Operario, equipo, día.
- Número de identificación del pilote.
- Tipo de pilote (cemento, armaduras, azuche).
- Maza empleada.
- Horas de comienzo y terminación de la hinca.
- Longitud total hincada.
- Rechazo obtenido en las últimas dos andanadas de 10 golpes cada una, o el nº de golpes por minuto, si se trata de mazas de doble efecto.
- Sombrerete usado e incidencias durante la hinca.



Descabezado de pilotes.

Posibles casos que pueden ocurrir en la hinca de pilotes prefabricados y su solución:

ACTIVIDAD CONSTRUCTIVA	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FUNCION ESTRUCTURAL	POSIBLE IMPACTO EN LA FUNCION ESTRUCTURAL	MEDIDAS CORRECTORAS
Hinca de pilotes	Incremento de la presión intersticial en arenas sueltas saturadas y limos	Pérdida temporal de la capacidad y posible licuefacción	Comprobar la capacidad volviendo a hincar el pilote o realizando un ensayo de carga después de un período de reposo
	Rotura de rocas esquistosas en la penetración del pilote	Reducción de la resistencia por la punta después de la hinca (relajación)	Volver a hincar después de un período de reposo
	Incremento de la presión intersticial en los pilotes de desplazamiento en arcillas saturadas	Desplazamiento del grupo de pilotes	Perforar antes de la hinca o emplear pilotes perforados o de desplazamiento reducido
	Descenso de la presión intersticial en arenas densas saturadas y limos	Incremento temporal de la capacidad	Comprobar la capacidad volviendo a hincar el pilote o realizando un ensayo de carga después de un período de reposo
	Depresiones laterales de confinamiento al hincar los pilotes con lanza de agua	Reducción de la capacidad del pilote	Profundizar una longitud adecuada por debajo del límite del chorro de agua

-

12.3. Valoración de las comprobaciones.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre la ejecución de los pilotes prefabricados se obtengan discrepancias importantes de los datos del proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones de las diferentes tipologías constructivas en pilotes prefabricados deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE, CTE.

En cualquier caso, el técnico responsable de la ejecución valorará, en función del riesgo, si la discrepancia con los datos del proyecto es aceptable o no.

12.4. Conclusiones técnicas.

Conclusiones y Recomendaciones

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación de la ejecución de cimentación profunda mediante pilotes prefabricados, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y así dejar un registro de la parte inspeccionada.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución (p.ej. pilotes más cargados, vigas centradoras con mayores esfuerzos, elementos que por su complejidad conviene una inspección singular, etc.)

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

12.5. Informes y documentos derivados de la verificación.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán los Informes y documentos derivados de la evaluación del proyecto de cimentación profunda mediante pilotes prefabricados, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación, de proyecto y ejecución de estructura.

Todas las comprobaciones efectuadas, además de las conclusiones y recomendaciones quedarán reflejadas en las listas de comprobación.



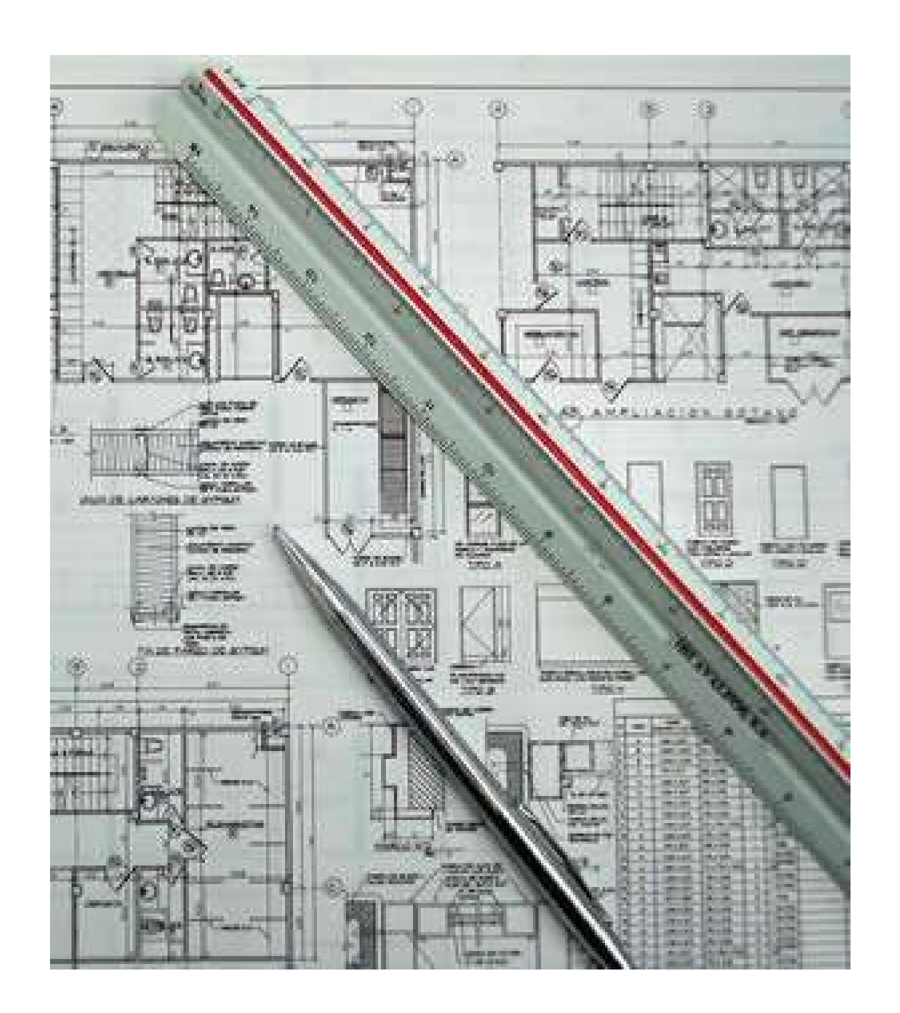


13. PILOTES IN SITU. FASE PROYECTO.

ÍNDICE



Pilote in situ.



13.PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE PROYECTO.

13.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONTROL.

Como documentación de partida para el control del proyecto de esta unidad de obra será necesaria la siguiente documentación:

- Inspección Preliminar del Emplazamiento, del que deberán extraerse los siguientes datos:

  - Riesgos Ambientales.
  - Riesgos del terreno: Topográficos, presencia de agua, agresividad del terreno o aguas freáticas, sismicidad, especiales.
  - Riesgos por preexistentes: Descripción, estado de conservación, deterioros.
  - Riesgos por colindantes: Descripción, estado conservación, deterioros.

- Otros riesgos: Presencia o proximidad de colectores, redes de agua, depósitos de combustible, explosivos.

- Estudio Geotécnico, del que se tomarán los siguientes datos:

  - Naturaleza del subsuelo del plano de cimentación.
  - Cota de apoyo de cimentación.
  - Tensión admisible. Coeficiente de seguridad adoptado. Asientos.
  - Agresividad del medio (agua, suelo).
  - Nivel freático por encima de la cota de cimentación. Métodos de rebajamiento del nivel freático (bombeo mediante pozos, well-point, etc.)
  - Arcillas expansivas. Empleo de medidas correctoras.
  - Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.
  - Recomendaciones que puedan ser de utilidad para la revisión del Proyecto.

- Copia del Proyecto de Ejecución, con los documentos que se indican a continuación:

  - Memoria de Cálculo.
  - Planos de Cimentación.
  - Pliego de Condiciones y Estado de Mediciones y Presupuesto.

La supervisión del proyecto de la cimentación profunda mediante pilotes "in situ", se realizará siguiendo la sistemática general que se define para la revisión del Proyecto de modo que se realizan las dos actividades:

- Supervisión documental de Proyecto.
- Supervisión del dimensionado.

13.2 SUPERVISIÓN DOCUMENTAL DE PROYECTO.

13.2.1 Memoria y Anejos.

En el documento Memoria de Cálculo, se presta especial atención a:

- Normativa aplicada.
- Descripción de la cimentación.
- Tensión admisible del terreno.

- Agresividad del medio (agua, suelo).
- En zona sísmica, exigencias de arriostramiento.
- Sistema y método de cálculo empleado.
- Acciones consideradas en el cálculo.
- Hipótesis de carga realizadas y coeficientes parciales de seguridad según el nivel de control establecido.
- Características resistentes de los materiales.
- Medidas de rebajamiento del nivel freático, en el caso de que esté por encima de la cota de cimentación.
- En el caso de arcillas expansivas, medidas correctoras.
- Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con lo determinado en la Inspección Preliminar del Emplazamiento y principalmente con el Estudio Geotécnico.

13.2.2 Planos.

En el documento Planos, se presta especial atención en los Planos de Cimentación a:

- Replanteo de la cimentación. Acotación a ejes o puntos fijos de pilares y pilotes.
- Indicación de la cota del plano de cimentación y cota del nivel freático, en caso de afectar a la excavación.
- Cuadro de encepados, con indicación de la cuantía y disposición de armados en cada dirección, con indicación de las patillas necesarias, en su caso. Indicación clara de los ejes considerados para evitar errores de interpretación.
- Tensión admisible del terreno.
- Cuadro de características de materiales.
- Cuadro de longitudes de anclaje-solape en función de la calidad del hormigón y del acero.
- Cuadro de esperas de pilares.
- Detalles de planos de cimentación.
    - Plano de replanteo para la ejecución de pilotes “In Situ”.

- Espesor mínimo del hormigón de limpieza. Indicación de separadores.
- Detalle del armado de vigas de atado y vigas centradoras. Secciones tipo.
- Detalles de la disposición de la armadura de los pilotes.
- Encuentros de vigas de atado y centradoras en los elementos de cimentación.
- Detalle de arranques de pilares.
- Detalle de cimentaciones para juntas de dilatación en estructura, juntas en "diapasón".
- Detalle del foso de ascensor (en su caso), e interferencia con los cimientos.
- Detalle del encuentro de la cimentación (vigas), con la red de albañales.
- Detalle de conexión con la red de puesta a tierra. Ver planos de instalaciones.



Pilotes y armaduras.

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con el resto de los documentos del Proyecto, principalmente con el Pliego de Condiciones y el Estado de Mediciones y Presupuesto.

La consecuencia directa de la supervisión documental del Proyecto es la solicitud mediante documento escrito de aquellas deficiencias detectadas en cuanto a la definición del Proyecto.

Para la supervisión documental de Proyecto se rellenará una lista de comprobación, de modo que se verifica en los documentos del Proyecto Memoria y Planos la existencia y adecuación de los puntos anteriores.

13.3 SUPERVISIÓN DEL DIMENSIONADO ESTRUCTURAL.

13.3.1 Metodología de análisis y muestreo.

La revisión de la unidad de obra pilotes in situ, se realizará en base a un mínimo de elementos.

Estos elementos se seleccionarán preferentemente de entre los más cargados, mayores dimensiones y/o cuantías de armado.

Se prestará especial atención a elementos o disposiciones constructivas singulares, así como aspectos detectados que por su naturaleza o situación puedan derivar en situaciones específicas de riesgo.

Se propone en general para esta unidad de obra un muestreo:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

13.3.2 Adecuación de acciones.

El análisis de la cimentación desde el Proyecto implica el estudio detallado de la misma en la memoria y los planos con la finalidad de encaminar el posterior proceso de cálculo mediante la identificación de los elementos más conflictivos antes de entrar en la comprobación de los cálculos.

Con respecto al análisis de las cargas en la Memoria de cálculo tiene el objeto de obtener el dato de las acciones consideradas en Proyecto de las cargas para, posteriormente hacer una superposición con el dato recogido en la NCSR-02. En concreto se recogen los valores de:

- Concargas:
  Peso propio

  Cargas permanentes
- Sobrecargas:
  Sobrecarga de uso

  Sobrecarga de tabiquería
- Nieve:
  En función de la altura topográfica se tomarán los valores de carga que correspondan
- Viento:
  Será considerado en las zonas en las que la ubicación del edificio sea expuesta
- Sismo:
  Será considerado en las zonas sísmicas

Consideraciones.

Si las acciones propuestas son iguales o inferiores a las de normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las reglamentarias.

Si las acciones propuestas son superiores a las de la normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las consideradas en Proyecto, previa confirmación del proyectista.

- Coeficientes de mayoración y minoración, se registrarán los considerados en Proyecto.
- Determinación de esfuerzos:
  - Combinaciones de las acciones consideradas, según el Artículo 13 “Combinación de Acciones” de la EHE.
  - Características de los materiales, se registrarán los valores de resistencia característica del hormigón y del acero.

13.3.3 Adecuación a la normativa sismorresistente.

La aplicación de la norma NCSR-02 es de obligado cumplimiento en las estructuras de edificación que nos ocupan, por lo que será preceptiva su consideración en los casos en los que lo indique la norma. En caso de no aplicarse, acogiéndose al art 1.2.3. de la citada norma, se deberá justificar tal circunstancia.

En cualquier caso deberá indicarse tanto en la Memoria como en los planos, la aceleración básica, el grado de ductilidad, disposiciones constructivas, etc.

13.3.4 Determinación de Esfuerzos.

La determinación de los esfuerzos en la cimentación se hará con arreglo a los principios de la mecánica racional, complementados en caso necesario por las teorías clásicas de la resistencia de materiales y de la elasticidad.

Las simplificaciones efectuadas sobre la estructura real para transformarla en una ideal de cálculo se describirán detalladamente, incluyendo el modelo estructural, dimensiones, características mecánicas, tipos de conexiones en nudos y condiciones de sustentación (incluidas las características del terreno).

13.3.5 Cumplimiento de condiciones de seguridad de cimentación.

Una vez obtenidos los esfuerzos de cálculo, se verificará la adecuación de la cimentación proyectada, analizando las condiciones generales de estabilidad y los estados límites últimos, verificando que se cumplen los coeficientes de seguridad exigidos por la normativa vigente.

Pilotes in situ.

Comprobaciones relacionadas con el terreno.

- Tensiones sobre el terreno. Todas las cimentaciones se conciben en la hipótesis de que el suelo situado debajo de las mismas se halle aproximadamente en el mismo estado en que fue encontrado durante las investigaciones realizadas para estudiarlos. . Si dentro de la zona que pudiera quedar afectada por el encepado se encuentran puntos excepcionalmente blandos, deben de proyectarse de nuevo.

- La tensión media sobre el terreno debe ser inferior a la tensión admisible, (estudio geotécnico). La tensión máxima bajo cargas gravitatorias no debe ser superior en un **25%** a la tensión admisible. La tensión máxima bajo cargas de viento no debe ser superior en un **25%** a la tensión admisible. La tensión máxima bajo cargas de sismo no debe ser superior en un **50%** a la tensión admisible.

- Comprobación de asientos.

Comprobaciones relacionadas con la seguridad estructural.

- Comprobación a flexión. Esta comprobación deberá realizarse en dirección X e Y.

- Comprobación a esfuerzo cortante y/o punzonamiento. El primero se realizará en las direcciones X e Y del encepado.

- Comprobación de las condiciones de anclaje de la armadura.

- Anclaje y solape de las esperas de pilares. La longitud de anclaje se consigue por prolongación recta de las armaduras para barras trabajando a compresión. Puede reducirse este valor a 2/3 de la longitud de anclaje, siempre que el recubrimiento lateral sea grande.

- En caso de que puedan existir acciones dinámicas, (p.ej. sismo), las longitudes de anclaje dispuestas deben aumentarse en 10 diámetros.

- La armadura longitudinal deberá estar formada por barras de diámetro mayor o igual que 12 mm, en número mínimo de 6 y separadas como máximo 20 cm.

- La cuantía mínima de acero será el 0,4 % de la sección total en los pilotes hormigonados in situ y el 1% en los prefabricados. En los pilotes de hormigón encamisados con chapa, la sección de ésta, descontada la previsión de corrosión, puede sustituir parcialmente (como máximo el 50 %) a la armadura longitudinal requerida. NCSE-02-Apartado 4.3.3

- La armadura transversal deberá extenderse en toda la longitud de la armadura longitudinal. Puede estar constituida por cercos o espiral, cuyos diámetros deberán ser mayores o iguales de 6 mm.



Armaduras de espera pilotes.

- **Vigas de atado**.

  - Comprobación de la armadura necesaria frente a axil. La viga de atado debe dimensionarse para un 5% (1/20) de la carga axil de cálculo del soporte más cargado de los dos que une. En compresión se puede considerar que trabaja la sección nominal de hormigón, (0,85 Ac fcd), mientras que en tracción trabaja únicamente la armadura.
  - Comprobación de las condiciones de anclaje de la armadura longitudinal de la viga. Deben anclarse en ambas zapatas la longitud de anclaje, lbII, a partir del soporte.

- En caso de que puedan existir acciones dinámicas, (p.ej. sismo), las longitudes de anclaje dispuestas deben aumentarse en 10 diámetros.

- **Vigas centradoras**.

  - Comprobación de la cuantía geométrica mínima de armadura en la cara traccionada. Conforme a tabla del artículo 42.3.5. EHE. Mínimo del 3,3 por mil para B 400 S y 2,8 por mil para B 500 S.
  - Cuantía mínima a flexión. Como mínimo se debe disponer 0,04 Uc, por condiciones de no fragilidad. Artículo 42.3.2. EHE.
  - Comprobación de la armadura necesaria por cálculo a flexión.
  - Comprobación de la armadura necesaria por cálculo a cortante.
  - Comprobación de las condiciones de anclaje de la armadura longitudinal de la viga. Armadura superior, intermedia e inferior. En el soporte centrado se debe anclar la armadura superior, a partir del eje, una fuerza igual al cortante de cálculo. La armadura de montaje (en su caso) y de piel se introduce en la zapata su longitud de anclaje (lbI). La armadura superior se corta donde deja de ser necesaria, anclándose a partir de ese punto, el resto se ancla a partir del eje del pilar.
  - En caso de que puedan existir acciones dinámicas, (p.ej. sismo), las longitudes de anclaje dispuestas deben aumentarse en 10 diámetros.

13.3.6 Cumplimiento de condiciones de durabilidad.

Se deberá identificar tanto en la memoria como en los planos la designación del ambiente para determinar la calidad del hormigón y en el caso de agresividad del suelo y/o agua el empleo de medidas correctoras, de acuerdo con lo establecido en el apartado 8.2 de la EHE.

Además se debe indicar en Memoria y Planos los recubrimientos mínimos, adecuados al tipo de ambiente, así como cualquier otra medida a tomar durante la ejecución de la obra.

13.4 VALORACIÓN DE LAS COMPROBACIONES.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre el proyecto de cimentación se obtengan discrepancias importantes con los valores de las cargas en cimentación o esfuerzos considerados en el proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones del dimensionamiento de los elementos de cimentación, (hundimiento, vuelco, estados límites últimos de flexión, cortante, punzonamiento, longitud de anclaje, etc..), los coeficientes de seguridad obtenidos deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE.

Sin embargo las posibles diferencias en los métodos de cálculo y simplificaciones habituales pueden llevar a obtener en la comprobación valores ligeramente inferiores del coeficiente de seguridad a los obtenidos en el diseño y dimensionamiento. En este caso, el director de obra valorará, en función del riesgo, si la baja del coeficiente de seguridad respecto del valor fijado por la normativa es aceptable o no.

Frente a estados límites últimos de flexión y flexocompresión el límite máximo aceptable sería del 10%, mientras que para e.l.u. susceptibles de producir una rotura frágil, (p.ej. punzonamiento), no parece prudente aceptar valores inferiores a un 5% al fijado por la normativa.

13.5 CONCLUSIONES TÉCNICAS.

Conclusiones y Recomendaciones.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación del proyecto de cimentación profunda mediante pilotes “in situ”, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y de proyecto y ejecución de estructura.

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.

- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica del Riesgo de la cimentación.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución (p.ej. zapatas más cargadas, zapatas combinadas, vigas centradoras con mayores esfuerzos, elementos que por su complejidad conviene una inspección singular, etc.)

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de revisión del proyecto de estructura y de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

Todas las comprobaciones efectuadas, además de las conclusiones y recomendaciones quedarán reflejadas en las listas de comprobación.




14 PILOTES IN SITU. FASE EJECUCIÓN.

ÍNDICE



Pilotes in situ.

14. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

14.1 Descripción del proceso de verificación.

El Programa de Control de Ejecución aprobado por la Dirección Facultativa deberá haber identificado para la ejecución de obra, la obra terminada y sus instalaciones, entre otros los siguientes aspectos, como metodología de control:

a. Niveles de control para los factores de ponderación considerados
b. Lotes de ejecución (y de obra e instalaciones terminadas)
c. Unidades de inspección
d. Frecuencias de comprobación
e. Pruebas de servicio sobre obra terminada y sus instalaciones, o en fases de su ejecución (pruebas parciales o finales).

14.1.1 Programación

La programación del control de calidad de ejecución de la obra debe adecuarse a las particulares circunstancias del edificio y de su entorno, como de la propia obra, considerando unos posibles factores de ponderación que pueden venir a modificar dicha programación, tanto en lo relativo a la recepción de productos y equipos, como a la ejecución de la obra y la obra terminada.

Actualmente, son de aplicación niveles de control por exigencia de la EHE vigente, en los materiales y en la ejecución; distintos niveles de control, por exigencias del Libro de Control de Calidad en Obras de Edificación de Viviendas (LC-91), para distintos factores de riesgo (dimensional, estructural, sísmico, geotécnico, medio ambiental, etc.).

Por otras causas, también puede ser modificado (simplificado) el control de recepción en obra de productos y equipos, si éstos ostentan un distintivo de calidad oficialmente reconocido (certificación voluntaria). En cuanto al control de ejecución, si el contratista dispone de un plan de aseguramiento de la calidad específico para la obra o, en el mejor de los casos, si su actividad está certificada mediante un distintivo de calidad oficialmente reconocido, esto puede dar lugar a que se aplique una disminución del control de ejecución (externo) por la Dirección Facultativa.

14.2 Metodología de análisis y muestreo

14.2.1 Lotes de ejecución

Se dividirá la obra o instalación en partes o lotes de ejecución, coherentes con el desarrollo previsto en el Plan de Obra (del contratista), para la ejecución de cada uno de ellos. Para ello, los lotes de ejecución se definirán e identificarán aplicando los siguientes criterios:

- Se corresponderán con partes sucesivas en el proceso de ejecución de la obra. (Plan de Obra)

- Agruparán elementos de tipología semejante, en su caso.

- Se dimensionarán teniendo en cuenta que un lote de ejecución es una parte de la obra o de una instalación, cuya ejecución es posible someter a aceptación en su conjunto (recepción por la D.F.).

Es conveniente que la identificación de los lotes de ejecución se efectúe también mediante una documentación gráfica.

Siendo para los lotes de control de la resistencia para hormigones, en función de sus solicitaciones, las siguientes restricciones:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

Cuando un lote esté constituido por amasadas de hormigones en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, podrá aumentarse su tamaño multiplicando los valores de la tabla 86.5.4.1 por cinco o por dos, en función de que el nivel de garantía para el que se ha efectuado el reconocimiento sea conforme con el apartado 5.1 o con el apartado 6 del Anejo nº 19, respectivamente. En estos casos de tamaño ampliado del lote, el número mínimo de lotes será de tres correspondiendo, si es posible, cada lote a elementos incluidos en cada columna de la Tabla 86.5.4.1. En ningún caso, un lote podrá estar formado por amasadas suministradas a la obra durante un período de tiempo superior a seis semanas.

14.2.2 Definición de procesos

Definido cada lote de ejecución, se identificará la totalidad de los procesos y actividades susceptibles de ser comprobados en cada lote, por la Dirección Facultativa. Constituye una unidad de inspección la dimensión o tamaño máximo de un proceso o actividad comprobable (en general) en una visita de inspección a la obra. Así, en función de los desarrollos de procesos y actividades previstas en el Plan de Obra, en cada inspección a la obra de la Dirección Facultativa podrá comprobarse solo un determinado número de unidades de inspección, las cuales, pueden corresponder a uno o más lotes de ejecución.

Con los anteriores criterios se definirá el tamaño máximo o dimensión de cada unidad de inspección, según el tipo de obra.

Para esto, se pueden confeccionar listados de control asociados, como apoyo al procedimiento de verificación de los procesos y actividades de la obra y sus instalaciones.

14.2.3 Frecuencias

Para cada proceso o actividad incluida en un lote de ejecución, la Dirección Facultativa procederá a su control externo mediante un número mínimo de comprobaciones, es decir, establecerá las frecuencias de comprobación en función de los niveles de control para los factores de ponderación considerados en el Programa de Control de Ejecución y aquellos otros ordenados por la Dirección Facultativa.

Control a nivel intenso: Este nivel de control, además del control externo, exige que el Constructor posea un sistema de calidad propio, auditado de forma externa, y que la elaboración de la ferralla y los elementos prefabricados, en caso de existir, se realicen en instalaciones industriales fijas y con un sistema de certificación voluntario.

Si no se dan estas condiciones, la Dirección de Obra deberá exigir al Constructor unos procedimientos específicos para la realización de, al menos, tres inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Para este nivel de control, externo, se exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel normal: Este nivel de control externo es de aplicación general y exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel reducido: Este nivel de control externo es aplicable cuando no existe un seguimiento continuo y reiterativo de la obra y exige la realización de, al menos, una inspección por cada lote en los que se ha dividido la obra.

14.2.4 Pruebas finales

Antes de la puesta en servicio del edificio se debe comprobar que:

a) La cimentación se comporta en la forma prevista en el proyecto;
b) No se aprecia que se estén superando las cargas admisibles;
c) Los asientos se ajustan a lo previsto, si, en casos especiales, así lo exige el proyecto o el Director de Obra;
d) No se han plantado árboles, cuyas raíces puedan originar cambios de humedad en el terreno de cimentación, o creado zonas verdes cuyo drenaje no esté previsto en el proyecto, sobre todo en terrenos expansivos.

Si bien es recomendable controlar los movimientos del terreno para cualquier tipo de construcción, en edificios de tipo C-3 y C-4 será obligado el establecimiento de un sistema de nivelación para controlar el asiento de las zonas más características de la obra, en las siguientes condiciones:

e) El punto de referencia debe estar protegido de cualquier eventual perturbación, de forma que pueda considerarse como inmóvil, durante todo el periodo de observación;

f) El número de pilares a nivelar no será inferior al 10% del total de la edificación. En el caso de que la superestructura se apoye sobre muros, se preverá un punto de observación cada 20 m de longitud, como mínimo. En cualquier caso el número mínimo de referencias de nivelación será de 4. La precisión de la nivelación será de 0,1 mm;
g) La cadencia de lecturas será la adecuada para advertir cualquier anomalía en el comportamiento de la cimentación. Es recomendable efectuarlas al completarse el 50% de la estructura al final de la misma, y al terminar la tabiquería de cada dos plantas de la edificación;
h) El resultado final de las observaciones se incorporará a la documentación de la obra.

En caso de tener que efectuar pruebas de servicio conforme al Programa de Control de Ejecución o bien por orden de la Dirección Facultativa para aceptación de un lote de ejecución o de obra terminada, éstas podrán ser realizadas por un laboratorio de control acreditado. Conocido el resultado de las pruebas se comprobará si estas son, o no, conformes con las condiciones de aceptación del proyecto (Plan de Control, Pliego de Condiciones). La Dirección Facultativa procederá a la aceptación o al rechazo del lote de ejecución.

14.2.5 Supervisión de la ejecución de la obra.

14.2.5.1 Generalidades:

Durante el período de ejecución se tomarán las precauciones oportunas para asegurar la conservación en buen estado de las cimentaciones.

En el caso de presencia de aguas ácidas, salinas, o de agresividad potencial se tomarán las oportunas medidas. No se permitirá la presencia de sobrecargas cercanas a las cimentaciones, si no se han tenido en cuenta en el proyecto. En todo momento se debe vigilar la presencia de vías de agua, por el posible descarnamiento que puedan dar lugar bajo las cimentaciones. En el caso en que se construyan edificaciones próximas, deben tomarse las oportunas medidas que permitan garantizar el mantenimiento intacto del terreno y de sus propiedades tenso-deformacionales.

La observación de asientos excesivos puede ser una advertencia del mal estado de la cimentación (ataques de aguas selenitosas, desmoronamiento por socavación, etc.); de la parte enterrada de pilares y muros o de las redes de agua potable y de saneamiento. En tales casos debe procederse a la observación de la cimentación y del terreno circundante, de la parte enterrada de los elementos resistentes verticales y de las redes de agua potable y saneamiento, de forma que se pueda conocer la causa del fenómeno.



Vista general trabajos de pilotaje.

En edificación cimentada de forma directa no se harán obras nuevas sobre la cimentación que pueda poner en peligro su seguridad, tales como:

a) Perforaciones que reduzcan su capacidad resistente;
b) Pilares u otro tipo de cargaderos que trasmitan cargas importantes;
c) Excavaciones importantes en sus proximidades u otras obras que pongan en peligro su estabilidad.

Las cargas a las que se sometan las cimentaciones, en especial las dispuestas sobre los sótanos, no serán superiores a las especificadas en el proyecto. Para ello los sótanos no deben dedicarse a otro uso que para el que fueran proyectados. No se almacenarán materiales que puedan ser dañinos para los hormigones.

Cualquier modificación de las prescripciones descritas de los dos párrafos anteriores debe ser autorizada por el Director de Obra e incluida en el proyecto.

14.2.5.2 Comprobaciones a realizar sobre el terreno de cimentación.

Antes de proceder a la ejecución de la cimentación se realizará la confirmación del estudio geotécnico. Se comprobará visualmente, o mediante las pruebas que se juzguen oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con las previsiones del proyecto. El resultado de tal inspección, definiendo la profundidad de la cimentación de cada uno de los apoyos de la obra, su forma y dimensiones, y el tipo y consistencia del terreno se incorporará a la documentación final de obra. Estos planos quedarán incorporados a la documentación de la obra acabada.

En particular se debe comprobar que:

a) El nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y apreciablemente la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico;
b) El nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas;
c) El terreno presenta apreciablemente una resistencia y humedad similar a la supuesta en el estudio geotécnico;
d) No se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc.;
e) No se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres;

14.2.5.3 Comprobaciones a realizar sobre los materiales de construcción

Se comprobará que:

a) Los materiales disponibles se ajustan a lo establecido en el proyecto de edificación y son idóneos para la construcción;
b) Las resistencias son las indicadas en el proyecto.

14.2.5.4 Comprobaciones durante la ejecución

Se dedicará especial atención a comprobar que:

a) El replanteo es correcto;
b) Se han observado las dimensiones y orientaciones proyectadas;
c) Se están empleando los materiales objeto de los controles ya mencionados;
d) La compactación o colocación de los materiales asegura las resistencias del proyecto;
e) Los encofrados están correctamente colocados, y son de los materiales previstos en el proyecto;
f) Las armaduras son del tipo, número y longitud fijados en el proyecto;
g) Las armaduras de espera de pilares u otros elementos se encuentran correctamente situadas y tienen la longitud prevista en el proyecto;



Comprobando longitud esperas.




h) Los recubrimientos son los exigidos en proyecto;
i) Los dispositivos de anclaje de las armaduras son los previstos en el proyecto;
j) El espesor del hormigón de limpieza es adecuado;
k) La colocación y vibración del hormigón son las correctas;
l) Se está cuidando que la ejecución de nuevas cimentaciones no altere el estado de las contiguas, ya sean también nuevas o existentes;



Pilotes terminados.

m) Las vigas de atado y centradoras así como sus armaduras están correctamente situadas;
n) Los agotamientos entran dentro de lo previsto y se ajustan a las especificaciones del estudio geotécnico para evitar sifonamientos o daños a estructuras vecinas;
o) Las juntas corresponden con las previstas en el proyecto;
p) Las impermeabilizaciones previstas en el proyecto se están ejecutando correctamente.



Preparación para encepado.

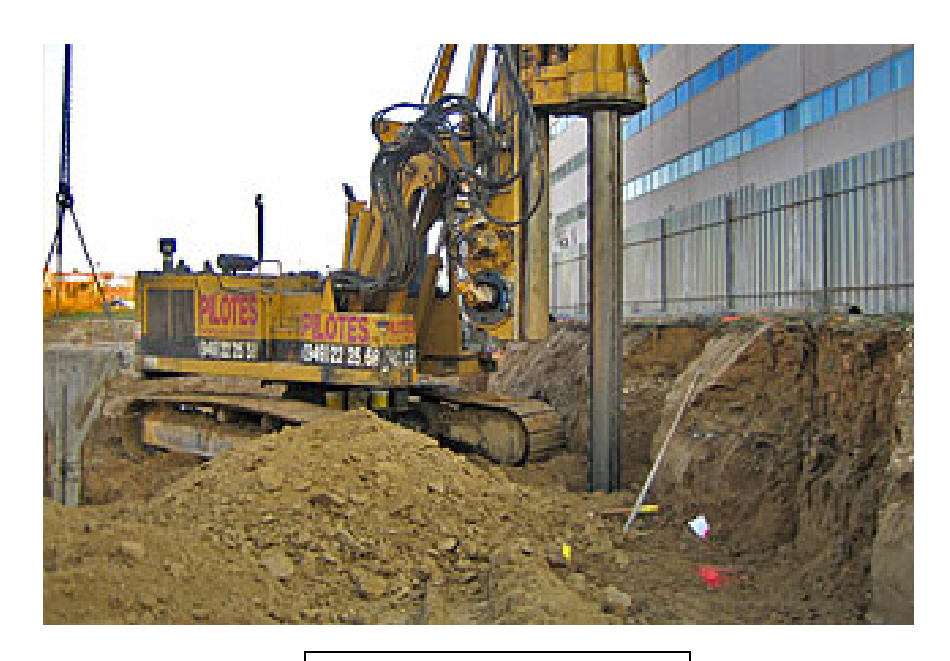
Los valores de consistencia para el hormigón fresco, según la metodología de colocación, estarán en los siguientes intervalos: Asiento en cono de Abrams, UNE 83313 A (cm)

	Condiciones de puesta en obra
5 ≤ A ≤ 10	- Colocación en perforaciones permanentemente entubadas o en perforaciones en seco no entubadas de diámetro mayor o igual que seiscientos milímetros (600 mm). - Cuando la cota de hormigonado quede por debajo de un entubado provisional. - Cuando la armadura existente, esté muy espaciada, de tal forma que el hormigón pueda evolucionar libremente entre las barras.
10 ≤ A ≤ 15	- Cuando la armadura no esté suficientemente espaciada. - Cuando la cota de descabezado se encuentre en un entubado provisional. - Cuando la perforación del pilote es en seco y su diámetro sea menor que seiscientos milímetros (600 mm).
15 ≤ A ≤ 20	- Cuando el hormigón se coloque en condiciones de inmersión mediante tubo-tremie o bombeo. No ser atacable por el terreno circundante o por el agua.

14.3 Valoración de las comprobaciones.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre la ejecución de los pilotes in situ se obtengan discrepancias importantes de los datos del proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones de las diferentes tipologías constructivas en **pilotes ejecutados “in situ”** deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE.



Perforación para pilote.



Replanteo para encepado.

Siguiendo el esquema habitual, se adjuntan en el próximo cuadro los controles a realizar sobre los pilotes in situ en la ejecución de los mismos, diferenciándolos según el tipo.

Criterios de aceptación y rechazo en grupo de pilotes de desplazamiento con azuche		
Controles a realizar en pilotes in situ	**Número de controles**	**Condición de no aceptación**
Diámetro de la entubación.	Uno en general.	Distinto del especificado.
Diámetro del azuche	Uno en general.	Menor del especificado.
Profundidad de la perforación.	Uno por cada pilote.	No se alcanza la capa prevista en la documentación Técnica, o bien no cumple el rechazo necesario.
Disposición de los pilotes.	Uno por cada grupo de pilotes	Desviaciones en planta superior al 20% del diámetro del pilote. Desviaciones en dirección superiores al 4%.
Tipo de cemento.	Uno por cada lote de control.	Distinto al específico.
Resistencia característica del hormigón.	Dos tomas de cuatro probetas por cada lote de control.	Inferior al 90% de la especificada.
Consistencia medida en cono de Abrams	Uno por cada lote de control	Asiento inferior a 10 cm o superior a 15 cm.
Disposición, número y diámetro de las armaduras	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Distintos a los especificados.
Longitud de las armaduras	Uno cada 3 grupos de	Inferior al 90% de la

longitudinales	pilotes.	especificada.
Separación entre cercos o paso de la espiral del zuncho.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Mayor del 10% de la especificada y no acumulativa.
Recubrimiento	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior a 4.
Longitud de solapo de armaduras.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior a 40 cm.
Longitud de anclaje de armaduras al encepado.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior al 90% de la especificada.
Entrega de los pilotes al encepado.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior a 5 cm.
Grupo de pilotes de desplazamiento con tapón de gravas.		
Diámetro de la entubación	Uno en general.	Distinto al especificado.
Espesor del tapón de gravas	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior al 90% del especificado.
Profundidad de la perforación.	Uno por cada pilote.	No se alcanza la capa prevista en la Documentación Técnica, o bien no cumple el rechazo necesario.
Disposición de los pilotes.	Uno por cada grupo de pilotes.	Desviación en planta superiores al 20% del diámetro del pilote. Desviaciones en dirección superiores al 4%.
Tipo de cemento.	Uno por cada lote de control.	Distinto al especificado.
Resistencia característica del hormigón.	Dos tomas de cuatro probetas por cada lote de control.	Inferior al 90% de la especificada.

Consistencia medida en cono de Abrams.	Uno por cada lote de control.	Asiento inferior a 1 cm o superior a 5 cm.
Disposición, número y diámetro de las armaduras.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Distintos a los especificados.
Longitud de las armaduras longitudinales.	Uno por cada lote de control.	Inferior al 90% de la especificada.
Separación entre cercos o paso de la espiral de zuncho.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Mayor del 10% de la especificada y no acumulativa.
Recubrimiento.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior a 4 cm.
Longitud de anclaje de armaduras al encepado.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior al 90% de la especificada.
Entrega de los pilotes al encepado.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior a 5 cm.
Grupo de pilotes de extracción con entubación recuperable.		
Diámetro de la entubación.	Uno en general.	Distinto al especificado
Profundidad de la perforación.	Uno por cada pilote.	No se alcanza la profundidad que especifica la Documentación Técnica.
Disposición de los pilotes.	Uno por cada grupo de pilotes.	Desviaciones en planta superiores al 20% del diámetro del pilote. Desviaciones en dirección superiores al 4%.
Tipo de cemento.	Uno por cada lote de	Distinto del especificado.

	control.	
Resistencia característica del hormigón.	Dos tomas de cuatro probetas por cada lote de control.	Inferior al 90% de la especificada.
Consistencia medida en cono de Abrams.	Uno por cada lote de control.	Asiento inferior a 10 cm o superior a 15 cm.
Disposición, número y diámetro de las armaduras.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Distintos a los especificados.
Longitud de las armaduras longitudinales.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior al 90% de la especificada.
Separación entre cercos o paso de la espiral del zuncho.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior al 90% de la especificada.
Recubrimiento.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior a 4 cm.
Longitud de anclaje de armaduras al encepado.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior al 90% de la especificada.
Entrega de los pilotes al encepado.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior a 5 cm.
Grupo de pilotes de extracción con camisa perdida.		
Diámetro de la entubación.	Uno en general.	Distinto del especificado.
Profundidad de la perforación.	Uno por cada pilote.	No se alcanza la profundidad que especifica la documentación técnica.
Longitud de la camisa perdida.	Uno por cada pilote.	Inferior a la especificada.
Disposición de los pilotes.	Uno por cada grupo de pilotes.	Desviaciones en planta superiores al 20% del

		diámetro del pilote. Desviaciones en dirección superiores al 4%.
Tipo de cemento.	Uno por cada lote de control.	Distinto al especificado.
Resistencia característica del hormigón.	Dos tomas de cuatro probetas por cada lote de control.	Inferior al 90% de la especificada.
Consistencia medida en cono de Abrams.	Uno por cada lote de control.	Asiento inferior a 10 cm o superior a 15 cm.
Disposición, número y diámetro de las armaduras.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Distintos a los especificados.
Longitud de las armaduras longitudinales.	Uno por cada 3 grupos de pilotes.	Inferior al 90% de la especificada.
Separación entre cercos o paso de la espiral del zuncho.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Mayor del 10% de la especificada y no acumulativa.
Recubrimiento.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior a 4 cm.
Longitud de anclaje de armaduras al encepado.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior al 90% de la especificada.
Entrega de los pilotes al encepado.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior a 5 cm.
Grupo de pilotes perforados sin entubación con lodos tixotrópicos.		
Diámetro del útil de perforación.	Uno en general.	Distinto de lo especificado.
Profundidad de la perforación.	Uno por cada pilote.	No se alcanza la profundidad que especifica la

		Documentación Técnica.
Disposición de los pilotes.	Uno por cada grupo de pilotes.	Desviaciones en plana superiores al 20% del diámetro del pilote. Desviaciones en dirección superiores al 4%.
Características de los lodos.	Uno de cada 3 grupos de pilotes.	Fuera de los límites especificados.
Tipo de cemento.	Uno por cada lote de control.	Distinto del especificado.
Resistencia característica del hormigón.	Dos tomas de cuatro probetas por cada lote de control.	Inferior al 90% de la especificada.
Consistencia medida en cono de Abrams.	Uno por cada lote de control.	Inferior a 16 cm o superior a 20 cm.
Disposición, número y diámetro de las armaduras.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Distintos a los especificados.
Longitud de las armaduras longitudinales.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior al 90% de la especificada.
Separación entre cercos o paso de la espiral del zuncho.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Mayor del 10% de la especificada y no acumulativa.
Recubrimiento.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior a 4 cm.
Longitud de anclaje de armaduras al encepado.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior al 90% de la especificada.

Entrega de los pilotes al encepado.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior a 5 cm.
Grupo de pilotes barrenados sin entubación		
Diámetro de la barrena.	Uno en general.	Distinto del especificado.
Profundidad de la perforación.	Uno por cada pilote.	No se alcanza la profundidad que especifica la Documentación Técnica.
Disposición de los pilotes.	Uno por cada grupo de pilotes.	Desviaciones en planta superiores al 20% del diámetro del pilote. Desviaciones en dirección superiores al 4%.
Tipo de cemento.	Uno por cada lote de control.	Distinto del especificado.
Resistencia característica del hormigón.	Dos tomas de cuatro probetas por cada lote de control.	Inferior al 90% de la especificada.
Consistencia medida en cono de Abrams.	Uno por cada lote de control.	Inferior a 10 cm o superior a 15 cm.
Disposición, número y diámetro de las armaduras.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Distintos a los especificados.
Longitud de las armaduras longitudinales.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior al 90% de la especificada.
Separación entre cercos o paso de espiral del zuncho.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Mayor del 10% de la especificada y no acumulativa.
Recubrimientos.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior a 4 cm.

Longitud de anclaje de armaduras al encepado.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior al 90% de la especificada.
Entrega de los pilotes al encepado.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior a 5 cm.
Grupo de pilotes barrenados. Hormigonado por tubo central de barrena.		
Diámetro de la barrena.	Uno en general.	Distinto del especificado.
Profundidad de la perforación.	Uno por cada pilote.	No se alcanza la profundidad que especifica la Documentación Técnica.
Disposición de los pilotes.	Uno cada grupo de pilotes.	Desviaciones en planta superiores al 20% del diámetro del pilote. Desviaciones en dirección superiores al 4%.
Tipo de cemento.	Uno por cada lote de control.	Distinto del especificado.
Resistencia característica del hormigón.	Dos tomas de cuatro probetas por cada lote de control.	Inferior al 90% de la especificada.
Consistencia medida en cono de Abrams.	Uno por cada lote de control.	Inferior a 10 cm o superior a 15 cm.
Resistencia característica del mortero grueso estabilizado.	Uno por cada lote de control.	Inferior al 90% de la especificada.
Consistencia medida en cono de fluidez.	Uno por cada lote de control.	Inferior a 22 s o superior a 28s.
Disposición, número y diámetro de las armaduras.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Distintos a los especificados.
Longitud de las armaduras	Uno cada 3 grupos de	Inferior al 90% de la

longitudinales.	pilotes.	especificada.
Separación entre cercos o paso de la espiral del zuncho.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Mayor del 10% de la especificada y no acumulativa.
Recubrimiento.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior a 4 cm.
Entrega de los pilotes al encepado.	Uno cada 3 grupos de pilotes.	Inferior a 5 cm.

En cualquier caso, el técnico director de obra valorará, en función del riesgo, si la discrepancia con los datos del proyecto es aceptable o no.

14.4 Conclusiones técnicas.

Conclusiones y Recomendaciones

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación de la ejecución de cimentación profunda mediante pilotes in situ, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y así dejar un registro de la parte inspeccionada.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución (p.ej. pilotes más cargados, vigas centradoras con mayores esfuerzos, elementos que por su complejidad conviene una inspección singular, etc.)

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

14.5 Informes y documentos derivados de la verificación.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán los Informes y documentos derivados de la evaluación del proyecto de cimentación profunda mediante pilotes in situ, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación, de proyecto y ejecución de estructura.

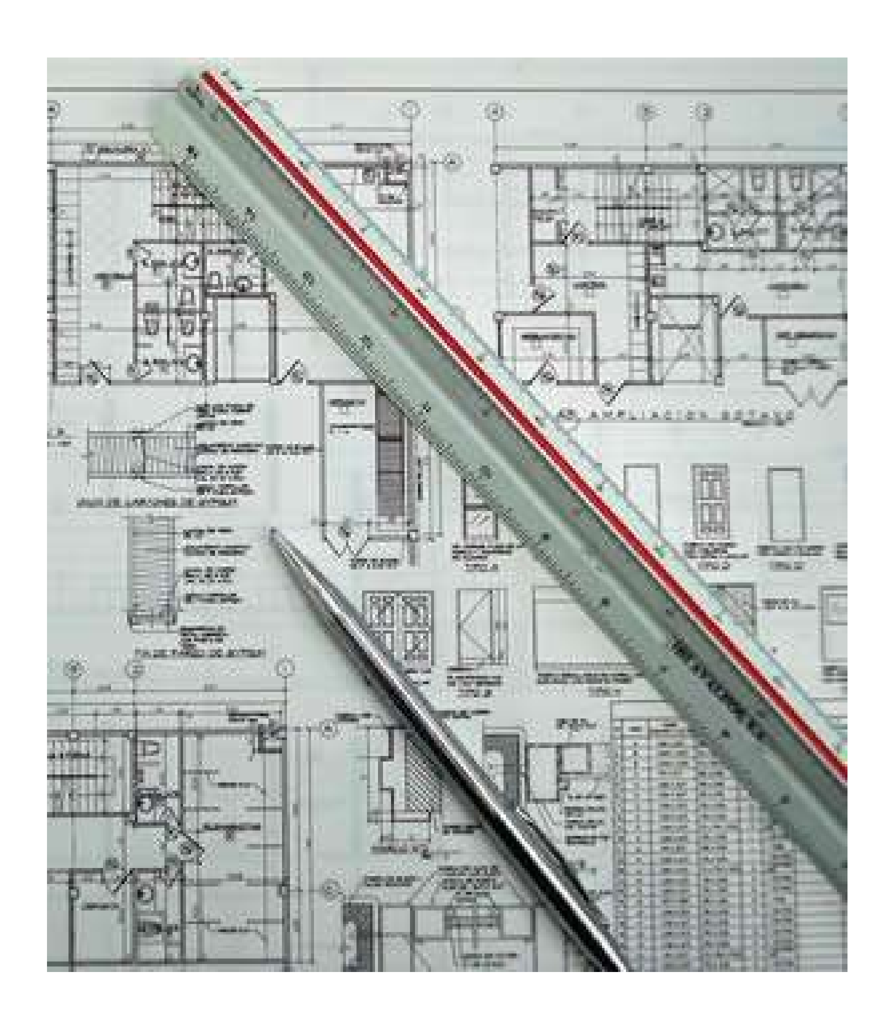
Todas las comprobaciones efectuadas, además de las conclusiones y recomendaciones quedarán reflejadas en las listas de comprobación.

15. TABLESTACADOS. FASE PROYECTO.

ÍNDICE



Tablestacas.



15.PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE PROYECTO.

15.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONTROL.

Como documentación de partida para el control del proyecto de esta unidad de obra será necesaria la siguiente documentación:

- Inspección Preliminar del Emplazamiento, del que deberán extraerse los siguientes datos:

  - Riesgos Ambientales.
  - Riesgos del terreno: Topográficos, presencia de agua, agresividad del terreno o aguas freáticas, sismicidad, especiales.
  - Riesgos por preexistentes: Descripción, estado de conservación, deterioros.
  - Riesgos por colindantes: Descripción, estado conservación, deterioros.

- Otros riesgos: Presencia o proximidad de colectores, redes de agua, depósitos de combustible, explosivos.

- Estudio Geotécnico, del que se tomarán los siguientes datos:

  - Naturaleza del subsuelo del plano de cimentación.
  - Cota de apoyo de cimentación.
  - Tensión admisible. Coeficiente de seguridad adoptado. Asientos.
  - Agresividad del medio (agua, suelo).
  - Nivel freático por encima de la cota de cimentación. Métodos de rebajamiento del nivel freático (bombeo mediante pozos, well-point, etc.)
  - Arcillas expansivas. Empleo de medidas correctoras.
  - Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.
  - Recomendaciones que puedan ser de utilidad para la revisión del Proyecto.

- Copia del Proyecto de Ejecución, con los documentos que se indican a continuación:

  - Memoria de Cálculo.
  - Planos de Cimentación.
  - Pliego de Condiciones y Estado de Mediciones y Presupuesto.

La supervisión del proyecto de trabajos por tablestacas se realizará siguiendo la sistemática general que se define para la revisión del Proyecto de modo que se realizan las dos actividades:

- Supervisión documental de Proyecto.
- Supervisión del dimensionado.

15.2 SUPERVISIÓN DOCUMENTAL DE PROYECTO.

15.2.1 Memoria y Anejos.

En el documento Memoria de Cálculo, se presta especial atención a:

- Normativa aplicada.
- Descripción de la cimentación.
- Tensión admisible del terreno.
- Agresividad del medio (agua, suelo).
- En zona sísmica, exigencias de arriostramiento.
- Sistema y método de cálculo empleado.
- Acciones consideradas en el cálculo.
- Hipótesis de carga realizadas y coeficientes parciales de seguridad según el nivel de control establecido.
- Características resistentes de los materiales.
- Medidas de rebajamiento del nivel freático, en el caso de que esté por encima de la cota de cimentación.
- En el caso de arcillas expansivas, medidas correctoras.
- Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con lo determinado en la Inspección Preliminar del Emplazamiento y principalmente con el Estudio Geotécnico.

15.2.2 Planos.

En el documento Planos, se presta especial atención en los Planos de Cimentación a:

- Replanteo de la cimentación.
- Indicación de la cota del plano de cimentación y cota del nivel freático, en caso de afectar a la excavación.
- Cuadro de encepados, con indicación de la cuantía y disposición de armados en cada dirección, con indicación de las patillas necesarias, en su caso. Indicación clara de los ejes considerados para evitar errores de interpretación.
- Tensión admisible del terreno.
- Cuadro de características de materiales.

- Cuadro de longitudes de anclaje-solape en función de la calidad del hormigón y del acero.
- Cuadro de esperas de pilares.
- Detalles de planos.
  - Plano de replanteo para la ejecución de tablestacas.
  - Espesor mínimo del hormigón de limpieza. Indicación de separadores.
  - Detalle del armado de vigas de atado y vigas centradoras. Secciones tipo.
  - Encuentros de vigas de atado y centradoras en los elementos de cimentación.
  - Detalle de arranques de pilares.
  - Detalle de cimentaciones para juntas de dilatación en estructura, juntas en “diapasón”.
  - Detalle del encuentro de la cimentación, con la red de albañales.
  - Detalle de conexión con la red de puesta a tierra. Ver planos de instalaciones.

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con el resto de los documentos del Proyecto, principalmente con el Pliego de Condiciones y el Estado de Mediciones y Presupuesto.

La consecuencia directa de la supervisión documental del Proyecto es la solicitud mediante documento escrito de aquellas deficiencias detectadas en cuanto a la definición del Proyecto.

Para la supervisión documental de Proyecto se rellenará una lista de comprobación, de modo que se verifica en los documentos del Proyecto Memoria y Planos la existencia y adecuación de los puntos anteriores.

15.3 SUPERVISIÓN DEL DIMENSIONADO ESTRUCTURAL.

15.3.1 Metodología de análisis y muestreo.

La revisión de la unidad de obra objeto del presente documento, se realizará en base a un mínimo de elementos controlados por el técnico que realiza la supervisión del Proyecto de tablestacas. Estos elementos se seleccionarán preferentemente de entre los más cargados, mayores dimensiones y/o cuantías de armado.

Se prestará especial atención a elementos o disposiciones constructivas singulares, así como aspectos detectados que por su naturaleza o situación puedan derivar en situaciones específicas de riesgo.

Se propone en general para esta unidad de obra un muestreo:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

15.3.2 Adecuación de acciones.

El análisis de la cimentación desde el Proyecto implica el estudio detallado de la misma en la memoria y los planos con la finalidad de encaminar el posterior proceso de cálculo mediante la identificación de los elementos más conflictivos antes de entrar en la comprobación de los cálculos.

Con respecto al análisis de las cargas en la Memoria de cálculo tiene el objeto de obtener el dato de las acciones consideradas en Proyecto de las cargas para, posteriormente hacer una superposición con el dato recogido en la NCSR-02. En concreto se recogen los valores de:

- Concargas:
  - Peso propio
  - Cargas permanentes
- Sobrecargas:
  - Sobrecarga de uso

Sobrecarga de tabiquería

- Nieve:
  En función de la altura topográfica se tomarán los valores de carga que correspondan

- Viento:
  Será considerado en las zonas en las que la ubicación del edificio sea expuesta

- Sismo:
  Será considerado en las zonas sísmicas

Consideraciones.

Si las acciones propuestas son iguales o inferiores a las de normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las reglamentarias.

Si las acciones propuestas son superiores a las de la normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las consideradas en Proyecto, previa confirmación del proyectista.

- Coeficientes de mayoración y minoración, se registrarán los considerados en Proyecto.
- Determinación de esfuerzos:
  - Combinaciones de las acciones consideradas, según el Artículo 13 “Combinación de Acciones” de la EHE.
  - Características de los materiales, se registrarán los valores de resistencia característica del hormigón y del acero.

15.3.3 Adecuación a la normativa sismorresistente.

La aplicación de la norma NCSR-02 es de obligado cumplimiento en las estructuras de edificación que nos ocupan, por lo que será preceptiva su consideración en los casos en los que lo indique la norma. En caso de no aplicarse, acogiéndose al art 1.2.3. de la citada norma, se deberá justificar tal circunstancia.

En cualquier caso deberá indicarse tanto en la Memoria como en los planos, la aceleración básica, el grado de ductilidad, disposiciones constructivas, etc.

15.3.4 Determinación de Esfuerzos.

La determinación de los esfuerzos en la cimentación se hará con arreglo a los principios de la mecánica racional, complementados en caso necesario por las teorías clásicas de la resistencia de materiales y de la elasticidad.

Las simplificaciones efectuadas sobre la estructura real para transformarla en una ideal de cálculo se describirán detalladamente, incluyendo el modelo estructural, dimensiones, características mecánicas, tipos de conexiones en nudos y condiciones de sustentación (incluidas las características del terreno).

15.3.5 Cumplimiento de condiciones de seguridad de cimentación.

Una vez obtenidos los esfuerzos de cálculo, se verificará la adecuación de la cimentación proyectada, analizando las condiciones generales de estabilidad y los estados límites últimos, verificando que se cumplen los coeficientes de seguridad exigidos por la normativa vigente.

Tablestacados.

Para la revisión de proyecto de los trabajos mediante tablestacas, debemos comprobar que tenemos una serie de datos que son necesarios para la correcta ejecución de los trabajos e indispensables antes de iniciarlos.

Buscaremos toda la información de proyecto que sea importante para la ejecución y que un poco más adelante detallaremos, comprobaremos la existencia de anclajes o similares que pudieran afectar en la ejecución, o cualquier resto de cimentaciones u otros elementos que la dificultaran.

Se comprobará en el proyecto cualquier referencia que pudiera ser importante de las construcciones contiguas y/o próximas (instalaciones, cimentaciones, estructuras).

Se revisara si existen posibilidades de tener problemas de corrosión o abrasión, si hay posibilidad de heladas o vientos fuertes.

Y como siempre buscaremos cualquier información referente a trabajos similares en la misma zona.

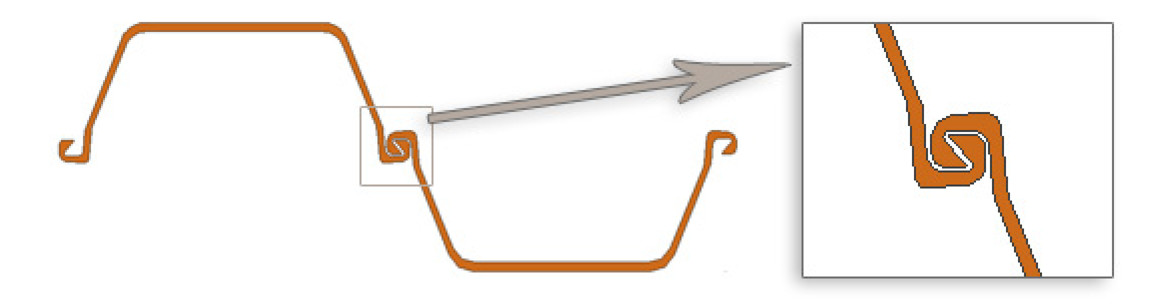
Los materiales que se utilicen deben estar reflejados en proyecto indicando que cumplen con la normativa que le es de aplicación.

Si fuera el caso de estar utilizando tablestacas de madera se comprobará que son de una clase de elevada durabilidad tales como madera de especies frondosas y de pino tropical que hayan sido impregnadas.

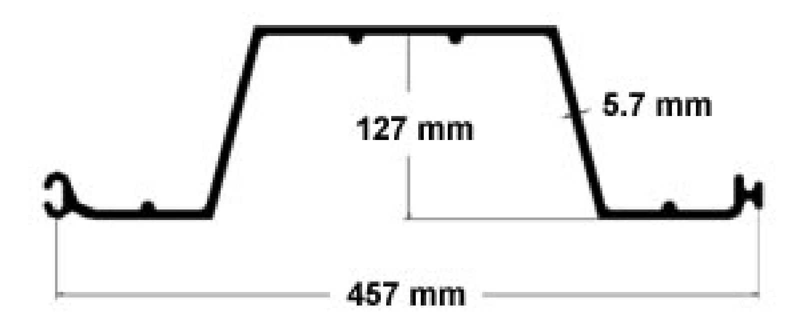
Entrando ya, más en detalle, en los requisitos que debemos comprobar que el proyecto contiene claramente, debemos prestar atención a la existencia en el mismo de los siguientes datos:

- La secuencia de ejecución, sus etapas y el paso de una etapa a otra.
- Los niveles y tolerancias para el relleno, la excavación, el agua freática y el agua libre.
- Características de los materiales y calidad del relleno a ambos lados del tablestacado.
- Restricciones con respecto a posibles sobrecargas.

- Los posibles desplazamientos del tablestacado previstos o no.
- Deberán estar claros los métodos para fijar las juntas y para unir los conectores de los elementos principales de un tablestacado compuesto, según la tabla 5 de la Norma Europea EN 10248-2:1995.



- Debe especificarse claramente la calidad de las soldaduras y el método para cortar los elementos de acero.



- Respecto al procedimiento de hinca de las tablestacas debe reflejarse cual es, si dispone algún tipo de ayuda a la misma y la profundidad hasta la que se puede aplicar.
- Se debe conocer la forma del azuche y otras medidas necesarias para asegurar la punta de la tablestaca en la capa rocosa, y en el caso de arcillas blandas, sobre capas rocosas, el método para prevenir que la arcilla fluya por el espacio entre la punta de la tablestaca y la capa rocosa.
- La calidad del relleno o el método de desplazamiento del mismo debe estar claro antes de iniciar los trabajos.

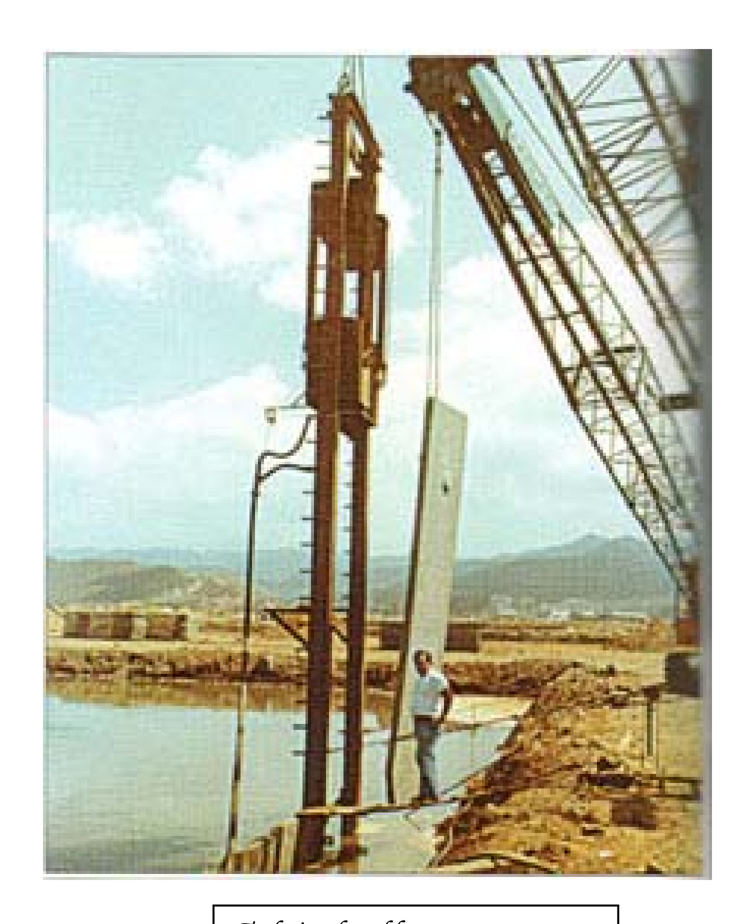
- Si fuera necesario por las condiciones de trabajo, la utilización de puntales o anclajes para evitar desplazamientos excesivos, deberemos conocer el pretensado de los mismos.
- Ante la posibilidad de tener que ejecutar trabajos que pudieran ser importantes por su peligrosidad o relevancia, el tiempo necesario para esta ejecución debe estar claramente controlado.
-



Hincado de tablestacas.

- El tipo, clase y método para recubrir elementos de acero y para proteger piezas de madera aparecerá en proyecto.
- Definición de los métodos de protección catódica.
- En proyecto aparecerán definidos el tipo de sellante de la junta y el material de recubrimiento a utilizar y la compatibilidad entre ambos.

- Definición de los requisitos especiales relacionados con la permeabilidad del tablestacado, incluyendo criterios prestacionales para los materiales, los procedimientos y los ensayos;
- Inclusión del método para afianzar la posición de la punta de tablestacas cuando se realizan excavaciones en roca.
- Estudio sobre las posibles consecuencias de la extracción de tablestacas sobre los edificios contiguos, las instalaciones y servicios, en asiento de la superficie del suelo y sobre la creación de un enlace entre capas de suelo con distintos regímenes de aguas freáticas.



Trabajos de tablestacas con agua.

- Definición de las medidas necesarias para comprobar asientos, desplazamientos y vibraciones.

15.3.6 Cumplimiento de condiciones de durabilidad.

Se deberá identificar tanto en la memoria como en los planos la designación del ambiente para determinar la calidad del hormigón, si se utiliza, y en el caso de agresividad del suelo y/o agua el empleo de medidas correctoras, de acuerdo con lo establecido en el apartado 8.2 de la EHE.

Además se debe indicar en Memoria y Planos los recubrimientos mínimos, adecuados al tipo de ambiente, así como cualquier otra medida a tomar durante la ejecución de la obra.

15.4 VALORACIÓN DE LAS COMPROBACIONES.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre el proyecto de cimentación se obtengan discrepancias importantes con los valores de las cargas en cimentación o esfuerzos considerados en el proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones del dimensionamiento de los elementos de cimentación, (hundimiento, vuelco, estados límites últimos de flexión, cortante, punzonamiento, longitud de anclaje, etc.), los coeficientes de seguridad obtenidos deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE.

Sin embargo las posibles diferencias en los métodos de cálculo y simplificaciones habituales pueden llevar a obtener en la comprobación valores ligeramente inferiores del coeficiente de seguridad a los obtenidos en el diseño y dimensionamiento. En este caso, el director de obra valorará, en función del riesgo, si la baja del coeficiente de seguridad respecto del valor fijado por la normativa es aceptable o no.

Frente a estados límites últimos de flexión y flexocompresión el límite máximo aceptable sería del 10%, mientras que para e.l.u. susceptibles de producir una rotura frágil, (p.ej. punzonamiento), no parece prudente aceptar valores inferiores a un 5% al fijado por la normativa.

15.5 CONCLUSIONES TÉCNICAS.

Conclusiones y Recomendaciones.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación del proyecto de cimentación mediante tablestacas**,** para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y de proyecto y ejecución de estructura.

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica del Riesgo de la cimentación.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución.

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de revisión del proyecto de estructura y de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

Todas las comprobaciones efectuadas, además de las conclusiones y recomendaciones quedarán reflejadas en las listas de comprobación.

16. TABLESTACADOS. FASE EJECUCIÓN.

ÍNDICE



Tablestacas.

16. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

16.1 Descripción del proceso de verificación.

El Programa de Control de Ejecución aprobado por la Dirección Facultativa deberá haber identificado para la ejecución de obra, la obra terminada y sus instalaciones, entre otros los siguientes aspectos, como metodología de control:

a. Niveles de control para los factores de ponderación considerados
b. Lotes de ejecución (y de obra e instalaciones terminadas)
c. Unidades de inspección
d. Frecuencias de comprobación
e. Pruebas de servicio sobre obra terminada y sus instalaciones, o en fases de su ejecución (pruebas parciales o finales).

16.1.1 Programación

La programación del control de calidad de ejecución de la obra, debe adecuarse a las particulares circunstancias del edificio y de su entorno, como de la propia obra, considerando unos posibles factores de ponderación que pueden venir a modificar dicha programación, tanto en lo relativo a la recepción de productos y equipos, como a la ejecución de la obra y la obra terminada.

Actualmente, son de aplicación niveles de control por exigencia de la EHE vigente, en los materiales y en la ejecución; distintos niveles de control, por exigencias del Libro de Control de Calidad en Obras de Edificación de Viviendas (LC-91), para distintos factores de riesgo (dimensional, estructural, sísmico, geotécnico, medio ambiental, etc.).

Por otras causas, también puede ser modificado (simplificado) el control de recepción en obra de productos y equipos, si éstos ostentan un distintivo de calidad oficialmente reconocido (certificación voluntaria). En cuanto al control de ejecución, si el contratista dispone de un plan de aseguramiento de la calidad específico para la obra o, en el mejor de los casos, si su actividad está certificada mediante un distintivo de calidad oficialmente reconocido, esto puede dar lugar a que se aplique una disminución del control de ejecución (externo) por la Dirección Facultativa.

16.2 Metodología de análisis y muestreo

16.2.1 Lotes de ejecución

Se dividirá la obra o instalación en partes o lotes de ejecución, coherentes con el desarrollo previsto en el Plan de Obra (del contratista), para la ejecución de cada uno de ellos. Para ello, los lotes de ejecución se definirán e identificarán aplicando los siguientes criterios:

- Se corresponderán con partes sucesivas en el proceso de ejecución de la obra. (Plan de Obra)

- Agruparán elementos de tipología semejante, en su caso.

- Se dimensionarán teniendo en cuenta que un lote de ejecución es una parte de la obra o de una instalación, cuya ejecución es posible someter a aceptación en su conjunto (recepción por la D.F.).

Es conveniente que la identificación de los lotes de ejecución se efectúe también mediante una documentación gráfica.

Siendo para los lotes de control de la resistencia para hormigones, en función de sus solicitaciones, las siguientes restricciones:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

Cuando un lote esté constituido por amasadas de hormigones en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, podrá aumentarse su tamaño multiplicando los valores de la tabla 86.5.4.1 por cinco o por dos, en función de que el nivel de garantía para el que se ha efectuado el reconocimiento sea conforme con el apartado 5.1 o con el apartado 6 del Anejo nº 19, respectivamente. En estos casos de tamaño ampliado del lote, el número mínimo de lotes será de tres correspondiendo, si es posible, cada lote a elementos incluidos en cada columna de la Tabla 86.5.4.1. En ningún caso, un lote podrá estar formado por amasadas suministradas a la obra durante un período de tiempo superior a seis semanas.

16.2.2 Definición de procesos

Definido cada lote de ejecución, se identificará la totalidad de los procesos y actividades susceptibles de ser comprobados en cada lote, por la Dirección Facultativa. Constituye una unidad de inspección la dimensión o tamaño máximo de un proceso o actividad comprobable (en general) en una visita de inspección a la obra. Así, en función de los desarrollos de procesos y actividades previstas en el Plan de Obra, en cada inspección a la obra de la Dirección Facultativa podrá comprobarse solo un determinado número de unidades de inspección, las cuales, pueden corresponder a uno o más lotes de ejecución.

Con los anteriores criterios se definirá el tamaño máximo o dimensión de cada unidad de inspección, según el tipo de obra.

Para esto, se pueden confeccionar listados de control asociados, como apoyo al procedimiento de verificación de los procesos y actividades de la obra y sus instalaciones.

16.2.3 Frecuencias

Para cada proceso o actividad incluida en un lote de ejecución, la Dirección Facultativa procederá a su control externo mediante un número mínimo de comprobaciones, es decir, establecerá las frecuencias de comprobación en función de los niveles de control para los factores de ponderación considerados en el Programa de Control de Ejecución y aquellos otros ordenados por la Dirección Facultativa.

Control a nivel intenso: Este nivel de control, además del control externo, exige que el Constructor posea un sistema de calidad propio, auditado de forma externa, y que la elaboración de la ferralla y los elementos prefabricados, en caso de existir, se realicen en instalaciones industriales fijas y con un sistema de certificación voluntario.

Si no se dan estas condiciones, la Dirección de Obra deberá exigir al Constructor unos procedimientos específicos para la realización de, al menos, tres inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Para este nivel de control, externo, se exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel normal: Este nivel de control externo es de aplicación general y exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel reducido: Este nivel de control externo es aplicable cuando no existe un seguimiento continuo y reiterativo de la obra y exige la realización de, al menos, una inspección por cada lote en los que se ha dividido la obra.

16.2.4 Pruebas finales

Antes de la puesta en servicio del edificio se debe comprobar que:

a) La cimentación se comporta en la forma prevista en el proyecto;
b) No se aprecia que se estén superando las cargas admisibles;
c) Los asientos se ajustan a lo previsto, si, en casos especiales, así lo exige el proyecto o el Director de Obra;
d) No se han plantado árboles, cuyas raíces puedan originar cambios de humedad en el terreno de cimentación, o creado zonas verdes cuyo drenaje no esté previsto en el proyecto, sobre todo en terrenos expansivos.

Si bien es recomendable controlar los movimientos del terreno para cualquier tipo de construcción, en edificios de tipo C-3 y C-4 será obligado el establecimiento de un sistema de nivelación para controlar el asiento de las zonas más características de la obra, en las siguientes condiciones:

e) El punto de referencia debe estar protegido de cualquier eventual perturbación, de forma que pueda considerarse como inmóvil, durante todo el periodo de observación;
f) El número de pilares a nivelar no será inferior al 10% del total de la edificación. En el caso de que la estructura se apoye sobre muros, se preverá un punto de observación cada 20 m de longitud, como mínimo. En cualquier caso el número mínimo de referencias de nivelación será de 4. La precisión de la nivelación será de 0,1 mm;
g) La cadencia de lecturas será la adecuada para advertir cualquier anomalía en el comportamiento de la cimentación. Es recomendable efectuarlas al completarse el 50% de la estructura al final de la misma, y al terminar la tabiquería de cada dos plantas de la edificación;
h) El resultado final de las observaciones se incorporará a la documentación de la obra.

En caso de tener que efectuar pruebas de servicio conforme al Programa de Control de Ejecución o bien por orden de la Dirección Facultativa para aceptación de un lote de ejecución o de obra terminada, éstas podrán ser realizadas por un laboratorio de control acreditado. Conocido el resultado de las pruebas se comprobará si estas son, o no, conformes con las condiciones de aceptación del proyecto (Plan de Control, Pliego de Condiciones). La Dirección Facultativa procederá a la aceptación o al rechazo del lote de ejecución.

16.2.5 Supervisión de la ejecución de la obra.

16.2.5.1 Generalidades:

Durante el período de ejecución se tomarán las precauciones oportunas para asegurar la conservación en buen estado de las cimentaciones.

En el caso de presencia de aguas ácidas, salinas, o de agresividad potencial se tomarán las oportunas medidas. No se permitirá la presencia de sobrecargas cercanas a las cimentaciones, si no se han tenido en cuenta en el proyecto. En todo momento se debe vigilar la presencia de vías de agua, por el posible descarnamiento que puedan dar lugar bajo las cimentaciones. En el caso en que se construyan edificaciones próximas, deben tomarse las oportunas

medidas que permitan garantizar el mantenimiento intacto del terreno y de sus propiedades tenso-deformacionales.

La observación de asientos excesivos puede ser una advertencia del mal estado de la cimentación (ataques de aguas selenitosas, desmoronamiento por socavación, etc.); de la parte enterrada de pilares y muros o de las redes de agua potable y de saneamiento. En tales casos debe procederse a la observación de la cimentación y del terreno circundante, de la parte enterrada de los elementos resistentes verticales y de las redes de agua potable y saneamiento, de forma que se pueda conocer la causa del fenómeno.

En edificación cimentada de forma directa no se harán obras nuevas sobre la cimentación que pueda poner en peligro su seguridad, tales como:

a) Perforaciones que reduzcan su capacidad resistente;
b) Pilares u otro tipo de cargaderos que trasmitan cargas importantes;
c) Excavaciones importantes en sus proximidades u otras obras que pongan en peligro su estabilidad.

Cualquier modificación de las prescripciones descritas con anterioridad debe ser autorizada por el Director de Obra e incluida en el proyecto.

16.2.5.2 Comprobaciones a realizar sobre el terreno de cimentación.

Antes de proceder a la ejecución de la cimentación se realizará la confirmación del estudio geotécnico. Se comprobará visualmente, o mediante las pruebas que se juzguen oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con las previsiones del proyecto. El resultado de tal inspección, definiendo la profundidad de la cimentación de cada uno de los apoyos de la obra, su forma y dimensiones, y el tipo y consistencia del terreno se incorporará a la documentación final de obra. Estos planos quedarán incorporados a la documentación de la obra acabada.

En particular se debe comprobar que:

a) El nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y apreciablemente la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico;

b) El nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas;
c) El terreno presenta apreciablemente una resistencia y humedad similar a la supuesta en el estudio geotécnico;
d) No se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc.;
e) No se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres;

16.2.5.3 Comprobaciones a realizar sobre los materiales de construcción

Se comprobará que:

a) Los materiales disponibles se ajustan a lo establecido en el proyecto de edificación y son idóneos para la construcción;
b) Las resistencias son las indicadas en el proyecto.

16.2.5.4 Comprobaciones durante la ejecución

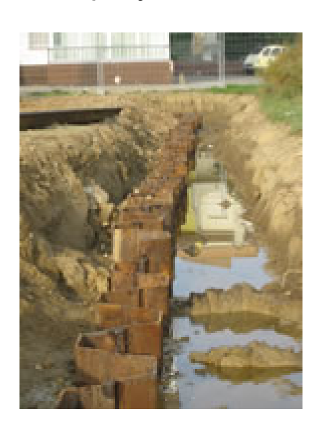
Se dedicará especial atención a comprobar que:

a) El replanteo es correcto;
b) Se han observado las dimensiones y orientaciones proyectadas;
c) Se están empleando los materiales objeto de los controles ya mencionados;
d) La compactación o colocación de los materiales asegura las resistencias del proyecto;
e) Los encofrados están correctamente colocados, y son de los materiales previstos en el proyecto;
f) Las armaduras son del tipo, número y longitud fijados en el proyecto;
g) Las armaduras de espera de pilares u otros elementos se encuentran correctamente situadas y tienen la longitud prevista en el proyecto;
h) Los recubrimientos son los exigidos en proyecto;
i) Los dispositivos de anclaje de las armaduras son los previstos en el proyecto;
j) El espesor del hormigón de limpieza es adecuado;
k) La colocación y vibración del hormigón son las correctas;

l) Se está cuidando que la ejecución de nuevos trabajos no altere el estado de lo ya realizado.
m) Las vigas de atado y centradoras así como sus armaduras están correctamente situadas;
n) Los agotamientos entran dentro de lo previsto y se ajustan a las especificaciones del estudio geotécnico para evitar sifonamientos o daños a estructuras vecinas;
o) Las juntas corresponden con las previstas en el proyecto;
p) Las impermeabilizaciones previstas en el proyecto se están ejecutando correctamente.

Tablestacados.

La ejecución de los trabajos de tablestacas se realizará conforme a proyecto y en caso de no poder ser así, y no estar previamente definida la alternativa, se procederá a una revisión de los trabajos a ejecutar y a volver a crear una secuencia de trabajos conforma a todos los requisitos que ya hemos detallado en el procedimiento de revisión de proyecto.



Tablestacas hincadas.

La ejecución deberá realizarse de acuerdo a unos criterios:

GENERALIDADES

- Se deberá dar una referencia a cada tablestaca.

- Preparación del lugar de la obra



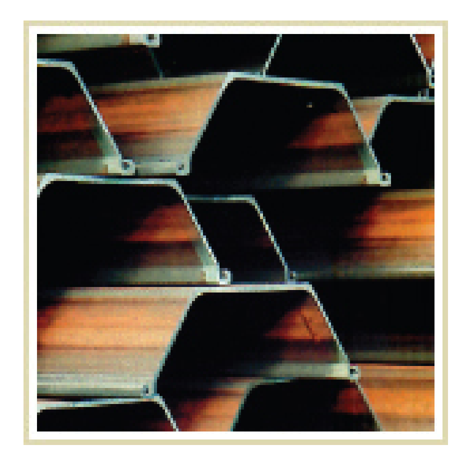
Zona de trabajo limpia.

- Se preparará el lugar de la obra de forma que las operaciones puedan realizarse con seguridad y eficiencia.

.

TABLESTACAS.

- El almacenamiento y manipulación de las tablestacas en el lugar de la obra se realizarán de tal manera que no puedan producirse daños significativos ni en la rectitud de la tablestaca, ni en las juntas ni en los recubrimientos. Se realizará de acuerdo al fabricante



Almacenamiento tablestacas.

- Se deben almacenar separadas y marcar apropiadamente las tablestacas de distinto tipo y de distinto grado de acero. Siempre deben estar ordenadas para favorecer la ejecución y colocadas para evitar imperfecciones o desviaciones en las mismas. Su manipulación posterior se realizará con cintas no metálicas.



Manipulación de tablestacas.

- Se comprobarán la longitud y la rigidez de cada tablestaca para comprobar que son las adecuadas y no puedan ocasionar deformaciones.
- Se deben emplear dispositivos especiales para el izado y posicionamiento de las tablestacas, (pinzas de elevación, ganchos soldados para izado y similares), para evitar que se produzcan daños en las tablestacas o en sus juntas.
- No se deben emplear para la manipulación de tablestacas los dispositivos de mordaza por fricción por su peligrosidad.

TRABAJOS EN ACERO

- La soldadura y el corte de tablestacas así como la preparación de elementos principales deberá cumplir con los requisitos de calidad especificados en el proyecto.
- Tendrá que comprobarse que los cortes no afecten a las condiciones físicas de la pieza.

- En elementos principales tubulares se deberá asegurar que la distancia entre el conector y un cordón de soldadura longitudinal del elemento es mayor a 300 mm y que los cordones de soldadura circulares y helicoidales de los elementos están niveladas en la posición del conector.
- Los electrodos cumplirán con la Norma Europea EN 499:1994.
- El metal depositado por la soldadura deberá, como mínimo, tener características mecánicas equivalentes a las del material base.
- Para prevenir los riesgos de fisuración, las temperaturas de precalentamiento tendrán en cuenta el equivalente del acero carbono, el proceso de soldadura y el tipo de unión. La temperatura de una soldadura será < 250 ºC antes de que se empiece a dar la segunda capa. El precalentamiento sobrepasará por lo menos 75 mm por cada lado de la soldadura.
- Cuando se vayan a unir tablestacas de acero por medio de soldaduras a tope, la junta puede dejarse sin soldar, a no ser que se exija o se especifique en el proyecto una soldadura de sellado.
- Cuando sea posible, las soldaduras a tope deben colocarse en una posición dentro del largo de la tablestaca que esté bien alejada de la ubicación de la sección con momento flector máximo. Además, las posiciones de las soldaduras de dos tablestacas contiguas deberán distanciarse 0,5 m.
- Las tablestacas de acero no deberán tener variaciones bruscas de sección en el sentido de la dirección longitudinal de la tablestaca. Las placas, flejes, placas de unión y tablestacas parciales utilizadas para reforzar deberán ser biseladas.
- Si se debe reforzar una tablestaca, el método deberá tener en cuenta la forma de hinca prevista.

PROCESO DE HINCA

El procedimiento de hinca, como ya hemos dicho, aparecerá definido en proyecto y siempre será habiendo tenido en consideración otros trabajos similares en la zona. De no ser así, será conveniente para verificar la idoneidad del mismo la realización de unos ensayos previos a la ejecución que demuestren la capacidad de presión y agarre de las tablestacas al presionarlas sobre el terreno.



Hinca de tablestacas.

A su vez esto debe aclarar que no producirá daños en cualquier edificio o instalación cercana. Se debe prestar especial atención si se utilizan técnicas con chorro de agua, con perforación previa o por voladura para ayudar a la hinca.

Se debe comprobar que todo el equipo utilizado en la ejecución cumple con la normativa vigente.

El método de hinca seleccionado asegurará que se cumplen los requisitos del cálculo con respecto a las tolerancias del tablestacado después de la hinca.

En el proceso de hinca debemos verificar:

- Conseguir el nivel debido en la punta.
- Mantener la posición en planta y la verticalidad.
- Evitar daños significativos en las tablestacas y en las juntas.
- Conseguir el coeficiente de permeabilidad exigido.
- Asegurarse que las fuerzas de hinca actúan en el eje neutro de las tablestacas y de los elementos principales.
- Mantener la secuencia de hinca de los elementos principales en un tablestacado compuesto;
- Alcanzar la capacidad portante vertical requerida.

Las estructuras de guía utilizadas deben ser estables y robustas y colocadas en tales niveles que aseguren la alineación vertical y horizontal de las tablestacas durante la hinca. El sistema de guía debe ser diseñado de forma que se eviten daños en el recubrimiento de las tablestacas (por ejemplo, usando rodillos de guía).

Los pilares en la torre de hinca o en la estructura de guía deberán colocarse con una precisión que asegure que se cumplen las tolerancias especificadas.

Los sombreretes de hinca deben ajustarse al perfil de la tablestaca. Deben comprobarse regularmente los rellenos de almohadillado de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes o con la experiencia aceptada para los materiales utilizados.

Si se utilizan lubricantes o bentonita para facilitar la hinca, se deben seguir los reglamentos locales sobre medioambiente.

En caso de tablestacas que tengan juntas machihembradas, la tablestacas deberán hincarse con la lengüeta hacia el frente en el sentido de hinca.

Hay que prestar especial atención si los niveles de la punta de la tablestaca y de los elementos principales y secundarios de un tablestacado compuesto después de su hinca están 250 mm por encima de los niveles especificados en el proyecto, debiendo en su caso, demostrar que se siguen cumpliendo los requisitos funcionales del proyecto.

Si los niveles de la cabeza de la tablestaca y de los elementos principales y secundarios después de su hinca difieren más que 50 mm con respecto al nivel especificado en el proyecto, también se debe demostrar que se siguen cumpliendo con el proyecto.



Tablestacado.

En el caso de tener que corregir la inclinación transversal o longitudinal no deben hacerse ni el biselado y ni el corte parcial de la punta de la tablestaca de acero. Lo que se debe hacer es utilizar medidas que lo solucionen (empuje o tracción de la misma) y si es necesario ésta debe extraerse y volverse a hincar. En este caso debe comprobarse que el terreno no sufre ningún tipo de deformación y en su caso solventar las posibles variaciones.

Los anclajes deben cumplir con los condicionantes indicados en proyecto.

Así mismo la naturaleza del material y la compactación del relleno debe corresponderse con los requisitos del proyecto.

Se debe realizar el sellado de los agujeros del anclaje en la tablestaca para evitar arrastres de terreno y filtraciones.

EXCAVACIONES Y DRENAJES.

La excavación, el relleno, el drenaje y el vaciado de agua se llevarán a cabo con el necesario cuidado y de acuerdo con las especificaciones de proyecto.

La excavación y el relleno no deben producir daños sobre el tablestacado ya colocado.



Excavación.

TRABAJOS POSTERIORES A LA EJECUCIÓN: SUPERVISIÓN.

En el proyecto aparecerá reflejado el procedimiento a seguir para la supervisión de la obra que nos marcará la frecuencia de las diferentes comprobaciones y los valores críticos de las deformaciones, fuerzas y niveles de agua.

Se deberá comprobar:

- Que las condiciones de la obra, del suelo, de las aguas freáticas y del agua libre concuerda con los datos del proyecto.
- Si existe alguna obstrucción en el terreno que impida la hinca de la tablestaca y que no se tuvieron en cuenta en la etapa de proyecto.
- El método de hinca seleccionado es el adecuado para la instalación de las tablestacas de acuerdo con los requisitos de proyecto y medioambientales.
- Se cumple la secuencia y el método de ejecución y se cumplen los criterios referentes a la progresión desde una etapa a la siguiente.
- El almacenamiento y manipulación de los elementos principales y secundarios de un tablestacado compuesto es correcto.
- Las tablestacas, los elementos principales y secundarios y todos los otros elementos estructurales del tablestacado son de los materiales especificados en proyecto y en su caso se dispone de las plantillas y otros dispositivos para la guía de las tablestacas durante la hinca.
- Se comprueba la verticalidad durante la puesta en posición e hinca de los elementos principales de un tablestacado compuesto y este se encuentra dentro de las tolerancias permitidas
- Se comprobará que durante la ejecución los anclajes estén donde deben y que las sobrecargas son las adecuadas.

ENSAYOS

Se realizaran pruebas de carga sobre las tablestacas, los elementos principales y los elementos secundarios de acuerdo a la normativa vigente

Deberá registrarse la velocidad de penetración de al menos una de las tablestacas para establecer si las condiciones del suelo son las asumidas en el proyecto.

Si las tablestacas están diseñadas para soportar cargas verticales, se registrará la velocidad de penetración sobre al menos el último metro de hinca.

Se comprobarán los niveles freáticos o las presiones intersticiales durante y después de acabar los trabajos hasta comprobar que no hay efectos adversos.

Cuando el proyecto se sitúe en zonas con mucha edificación, se registrarán periódicamente los niveles de vibración y de ruido tanto en la obra como en los edificios más próximos y expuestos.

Los desplazamientos horizontales de la cabeza de las tablestacas deberán ser medidos periódicamente con la precisión adecuada en puntos preestablecidos de forma que los resultados puedan ser comparados con los esperados en el proyecto.

Se colocaran dispositivos en las tablestacas compuestas para comprobar que no se separan.

16.3 Valoración de las comprobaciones.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre la ejecución de las tablestacas se obtengan discrepancias importantes de los datos del proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones de las diferentes tipologías constructivas en tablestacas deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE, CTE y UNE-EN 12063:2000.

En cualquier caso, el director de obra valorará, en función del riesgo, si la discrepancia con los datos del proyecto es aceptable o no.

16.4 Conclusiones técnicas.

Conclusiones y Recomendaciones

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación de la ejecución de trabajos geotécnicos especiales mediante tablestacados, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y así dejar un registro de la parte inspeccionada.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución.

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

16.5 Informes y documentos derivados de la verificación.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán los Informes y documentos derivados de la evaluación del proyecto de trabajos geotécnicos especiales mediante tablestacados, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación, de proyecto y ejecución de estructura.

Todas las comprobaciones efectuadas, además de las conclusiones y recomendaciones quedarán reflejadas en las listas de comprobación.

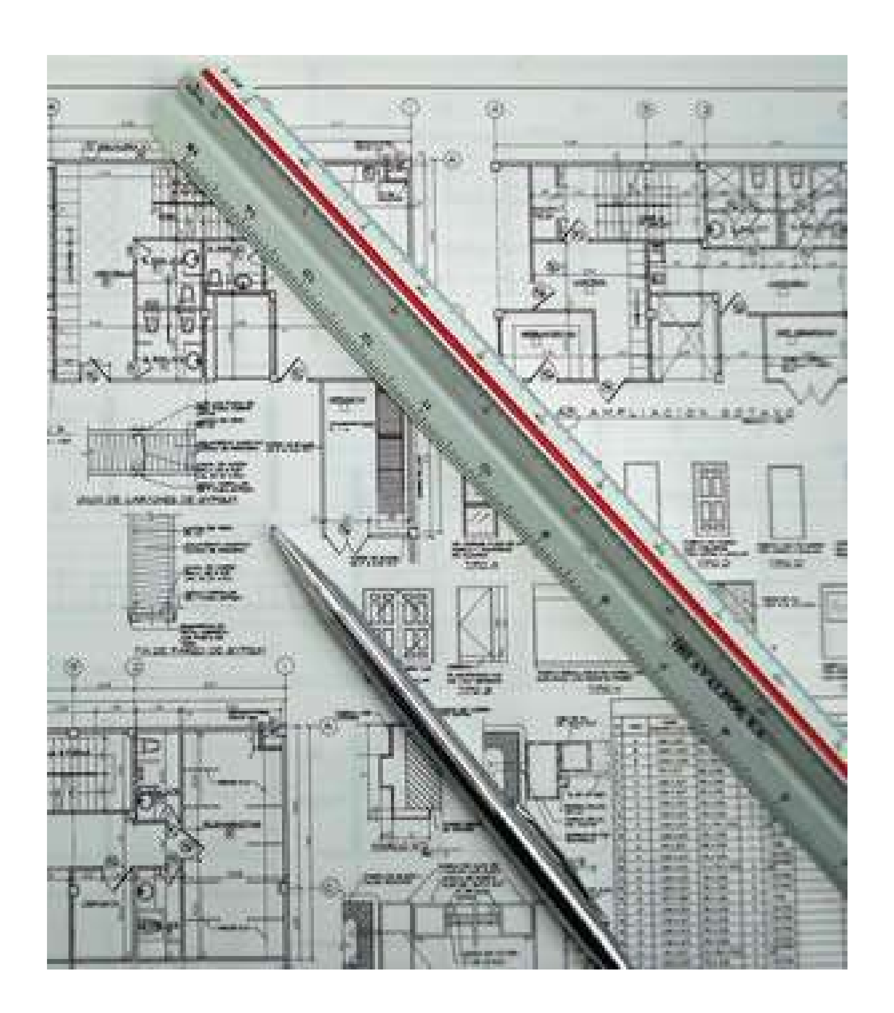
17. INYECCIÓN. FASE PROYECTO.

ÍNDICE



Inyección.



17.PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE PROYECTO.

17.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONTROL.

Como documentación de partida para el control del proyecto de esta unidad de obra será necesaria la siguiente documentación:

- Inspección Preliminar del Emplazamiento, del que deberán extraerse los siguientes datos:

  - Riesgos Ambientales.
  - Riesgos del terreno: Topográficos, presencia de agua, agresividad del terreno o aguas freáticas, sismicidad, especiales.
  - Riesgos por preexistentes: Descripción, estado de conservación, deterioros.
  - Riesgos por colindantes: Descripción, estado conservación, deterioros.

- Otros riesgos: Presencia o proximidad de colectores, redes de agua, depósitos de combustible, explosivos.

- Estudio Geotécnico, del que se tomarán los siguientes datos:

  - Naturaleza del subsuelo del plano de cimentación.
  - Cota de apoyo de cimentación.
  - Tensión admisible. Coeficiente de seguridad adoptado. Asientos.
  - Agresividad del medio (agua, suelo).
  - Nivel freático por encima de la cota de cimentación. Métodos de rebajamiento del nivel freático (bombeo mediante pozos, well-point, etc.)
  - Arcillas expansivas. Empleo de medidas correctoras.
  - Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.
  - Recomendaciones que puedan ser de utilidad para la revisión del Proyecto.

- Copia del Proyecto de Ejecución, con los documentos que se indican a continuación:

  - Memoria de Cálculo.
  - Planos de Cimentación.
  - Pliego de Condiciones y Estado de Mediciones y Presupuesto.

La supervisión del proyecto de trabajos por inyección se realizará siguiendo la sistemática general que se define para la revisión del Proyecto de modo que se realizan las dos actividades:

- Supervisión documental de Proyecto.
- Supervisión del dimensionado.

17.2 SUPERVISIÓN DOCUMENTAL DE PROYECTO.

17.2.1 Memoria y Anejos.

En el documento Memoria de Cálculo, se presta especial atención a:

- Normativa aplicada.
- Descripción de la cimentación.
- Tensión admisible del terreno.
- Agresividad del medio (agua, suelo).
- En zona sísmica, exigencias de arriostramiento.
- Sistema y método de cálculo empleado.
- Acciones consideradas en el cálculo.
- Hipótesis de carga realizadas y coeficientes parciales de seguridad según el nivel de control establecido.
- Características resistentes de los materiales.
- Medidas de rebajamiento del nivel freático, en el caso de que esté por encima de la cota de cimentación.
- En el caso de arcillas expansivas, medidas correctoras.
- Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con lo determinado en la Inspección Preliminar del Emplazamiento y principalmente con el Estudio Geotécnico.

17.2.2 Planos.

En el documento Planos, se presta especial atención en los Planos de Cimentación a:

- Replanteo de la cimentación.
- Indicación de la cota del plano de cimentación y cota del nivel freático, en caso de afectar a la excavación.
- Cuadro de encepados, con indicación de la cuantía y disposición de armados en cada dirección, con indicación de las patillas necesarias, en su caso. Indicación clara de los ejes considerados para evitar errores de interpretación.
- Tensión admisible del terreno.
- Cuadro de características de materiales.

- Cuadro de longitudes de anclaje-solape en función de la calidad del hormigón y del acero.
- Cuadro de esperas de pilares.
- Detalles de planos.

  - Plano de replanteo para la ejecución de inyecciones.
  - Espesor mínimo del hormigón de limpieza. Indicación de separadores.
  - Detalle del armado de vigas de atado y vigas centradoras. Secciones tipo.
  - Encuentros de vigas de atado y centradoras en los elementos de cimentación.
  - Detalle de arranques de pilares.
  - Detalle de cimentaciones para juntas de dilatación en estructura, juntas en “diapasón”.
  - Detalle del foso de ascensor (en su caso), e interferencia con los cimientos.
  - Detalle del encuentro de la cimentación con la red de albañales.
  - Detalle de conexión con la red de puesta a tierra. Ver planos de instalaciones.

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con el resto de los documentos del Proyecto, principalmente con el Pliego de Condiciones y el Estado de Mediciones y Presupuesto.

La consecuencia directa de la supervisión documental del Proyecto es la solicitud mediante documento escrito de aquellas deficiencias detectadas en cuanto a la definición del Proyecto.

Para la supervisión documental de Proyecto se rellenará una lista de comprobación, que se encuentra en el apartado anexos de modo que se verifica en los documentos del Proyecto Memoria y Planos la existencia y adecuación de los puntos anteriores.

17.3 SUPERVISIÓN DEL DIMENSIONADO ESTRUCTURAL.

17.3.1 Metodología de análisis y muestreo.

La revisión de la unidad de obra objeto del presente documento, se realizará en base a un mínimo de elementos.

Estos elementos se seleccionarán preferentemente de entre los más cargados, mayores dimensiones y/o cuantías de armado.

Se prestará especial atención a elementos o disposiciones constructivas singulares, así como aspectos detectados que por su naturaleza o situación puedan derivar en situaciones específicas de riesgo.

Se propone en general para esta unidad de obra un muestreo:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

17.3.2 Adecuación de acciones.

El análisis de la cimentación desde el Proyecto implica el estudio detallado de la misma en la memoria y los planos con la finalidad de encaminar el posterior proceso de cálculo mediante la identificación de los elementos más conflictivos antes de entrar en la comprobación de los cálculos.

Con respecto al análisis de las cargas en la Memoria de cálculo tiene el objeto de obtener el dato de las acciones consideradas en Proyecto de las cargas

para, posteriormente hacer una superposición con el dato recogido en la NCSR-02. En concreto se recogen los valores de:

- Concargas:
  Peso propio

  Cargas permanentes

- Sobrecargas:
  Sobrecarga de uso

  Sobrecarga de tabiquería

- Nieve:
  En función de la altura topográfica se tomarán los valores de carga que correspondan

- Viento:
  Será considerado en las zonas en las que la ubicación del edificio sea expuesta

- Sismo:
  Será considerado en las zonas sísmicas

Consideraciones.

Si las acciones propuestas son iguales o inferiores a las de normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las reglamentarias.

Si las acciones propuestas son superiores a las de la normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las consideradas en Proyecto, previa confirmación del proyectista.

- Coeficientes de mayoración y minoración, se registrarán los considerados en Proyecto.
- Determinación de esfuerzos:
  - Combinaciones de las acciones consideradas, según el Artículo 13 “Combinación de Acciones” de la EHE.
  - Características de los materiales, se registrarán los valores de resistencia característica del hormigón y del acero.

17.3.3 Adecuación a la normativa sismorresistente.

La aplicación de la norma NCSR-02 es de obligado cumplimiento en las estructuras de edificación que nos ocupan, por lo que será preceptiva su consideración en los casos en los que lo indique la norma. En caso de no aplicarse, acogiéndose al art 1.2.3. de la citada norma, se deberá justificar tal circunstancia.

En cualquier caso deberá indicarse tanto en la Memoria como en los planos, la aceleración básica, el grado de ductilidad, disposiciones constructivas, etc.

17.3.4 Determinación de Esfuerzos.

La determinación de los esfuerzos en la cimentación se hará con arreglo a los principios de la mecánica racional, complementados en caso necesario por las teorías clásicas de la resistencia de materiales y de la elasticidad.

Las simplificaciones efectuadas sobre la estructura real para transformarla en una ideal de cálculo se describirán detalladamente, incluyendo el modelo estructural, dimensiones, características mecánicas, tipos de conexiones en nudos y condiciones de sustentación (incluidas las características del terreno).

17.3.5 Cumplimiento de condiciones de seguridad de cimentación.

Una vez obtenidos los esfuerzos de cálculo, se verificará la adecuación de la cimentación proyectada, analizando las condiciones generales de estabilidad y los estados límites últimos, verificando que se cumplen los coeficientes de seguridad exigidos por la normativa vigente.

Inyecciones.

Para el control sobre proyecto del procedimiento a realizar mediante inyecciones, deberemos prestar atención a los siguientes datos:

- Se definirán los objetivos de la inyección y los criterios de control.
- Se observará cualquier información existente sobre el terreno, aspectos geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos que puedan influir en la inyección.
- Serán tenidas en cuenta las consideraciones medioambientales por la interferencia con las cimentaciones y estructuras contiguas y cualquier detalle que pudiera influir en la elección de la mezcla de la lechada y de la técnica de supuesta en obra.
- Se prestará especial atención a los antecedentes existentes sobre trabajos de inyección en la misma zona y condiciones similares.



Terreno en zona de inyección.

El proyecto a realizar para los trabajos de inyección contemplará claramente la siguiente información:

- Forma y volumen del terreno a tratar.
- Propiedades del mismo a conseguir y mantener.
- Método y distribución de las perforaciones.
- Métodos y técnicas de inyección en obra.
- Situación y distancia entre las inyecciones a realizar.
- Fases de inyección con relación al tiempo, componentes de la mezcla y puntos de inyección.

- Límites de presión de inyección, caudal y cantidad a inyectar.
- Composición de la lechada para la inyección.
- Ensayos y controles necesarios durante el proceso de inyección. Incluso previos a la misma y al finalizar la ejecución de trabajos.

Para las decisiones a tomar en la ejecución de las inyecciones hay que tener siempre en cuenta que los datos que tengamos sobre el terreno sean actuales y fiables.
Respecto a la inyección a realizar hay que conocer su posible toxicidad y el comportamiento que va a tener.
Durante el proceso de inyección hay que estar atentos a las estructuras existentes y a su estado en cada momento. Comprobaremos las modificaciones del estado tensional y de presión intersticial del terreno,
Se observaran las condiciones hidrogeológicas en todo momento.

Lechada.

La composición de la mezcla a realizar dependerá del terreno y de las especificaciones de los trabajos a realizar.

Para la elaboración del proyecto deberemos tener en cuenta:

- Que la mezcla adoptada sea la adecuada para la inyección a realizar.
- Las fases y tiempos en la colocación de la lechada.
- El terreno y sus condiciones y características.
- Las propiedades de la lechada y sus variaciones en el tiempo.
- El contenido en agua de los componentes sólidos de la lechada.
- El tiempo de endurecimiento y fraguado.
- Propiedades de la mezcla tras el fraguado.
- Densidad, viscosidad y rigidez.
- Resistencia a compresión y al cizallamiento.
- Dimensiones de las partículas sólidas.
- Capacidad de retención de agua.
- Velocidad de sedimentación.



Proceso de inyección.

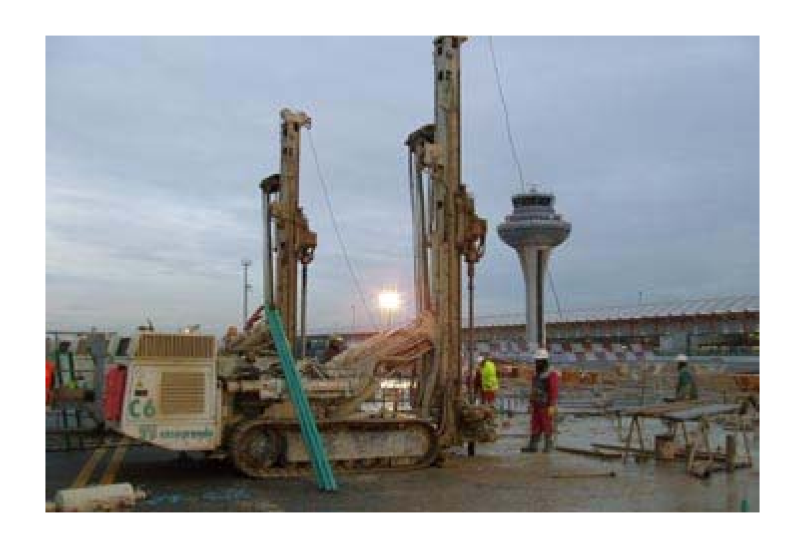
La mezcla se modificará según los criterios a marcar por el proyecto si el terreno tiene un movimiento inaceptable, si no conseguimos al hacer la lechada la mezcla prescrita o si las absorciones de la lechada son mucho mayores de las previstas.

Otros.

- Hay que tener en cuenta las dimensiones de los sólidos de la lechada a inyectar con relación a la perforación y hueco a rellenar.
- Penetrabilidad de la lechada y del terreno a inyectar.
- Composición de las aguas de amasado, de las aguas subterráneas y de los terrenos.
- Temperaturas de mezcla y terreno.
- Contaminación e impacto de la mezcla a realizar sobre el medio ambiente.

Perforaciones.

- Se tendrá siempre en cuenta la forma del terreno sobre el que realizamos la perforación.
- Se definirá la posición de las perforaciones según las posibilidades geométricas existentes.
- Se marcaran las tolerancias en la dirección de las perforaciones.
- Se conocerá el número, la posición, distancia, profundidad, diámetro, inclinación y orientación de cada perforación.



Perforación previa.

17.3.6 Cumplimiento de condiciones de durabilidad.

Se deberá identificar tanto en la memoria como en los planos la designación del ambiente para determinar la calidad del hormigón y en el caso de agresividad del suelo y/o agua el empleo de medidas correctoras, de acuerdo con lo establecido en el apartado 8.2 de la EHE.

Además se debe indicar en Memoria y Planos los recubrimientos mínimos, adecuados al tipo de ambiente, así como cualquier otra medida a tomar durante la ejecución de la obra.

17.4 VALORACIÓN DE LAS COMPROBACIONES.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre el proyecto de cimentación se obtengan discrepancias importantes con los valores de las cargas en cimentación o esfuerzos considerados en el proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones del dimensionamiento de los elementos de cimentación, (hundimiento, vuelco, estados límites últimos de

flexión, cortante, punzonamiento, longitud de anclaje, etc.), los coeficientes de seguridad obtenidos deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE.

Sin embargo las posibles diferencias en los métodos de cálculo y simplificaciones habituales pueden llevar a obtener en la comprobación valores ligeramente inferiores del coeficiente de seguridad a los obtenidos en el diseño y dimensionamiento. En este caso, el técnico responsable de la revisión del proyecto de cimentación valorará, en función del riesgo, si la baja del coeficiente de seguridad respecto del valor fijado por la normativa es aceptable o no.

Frente a estados límites últimos de flexión y flexocompresión el límite máximo aceptable sería del 10%, mientras que para e.l.u. susceptibles de producir una rotura frágil, (p.ej. punzonamiento), no parece prudente aceptar valores inferiores a un 5% al fijado por la normativa.

17.5 CONCLUSIONES TÉCNICAS.

Conclusiones y Recomendaciones.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación del proyecto de cimentación mediante inyecciones**,** para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y de proyecto y ejecución de estructura.

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica del Riesgo de la cimentación.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución.

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de revisión del proyecto de estructura y de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

Todas las comprobaciones efectuadas, además de las conclusiones y recomendaciones quedarán reflejadas en las listas de comprobación.





18. INYECCIÓN. FASE EJECUCIÓN.

ÍNDICE



Inyección.

18. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

18.1 Descripción del proceso de verificación.

El Programa de Control de Ejecución aprobado por la Dirección Facultativa deberá haber identificado para la ejecución de obra, la obra terminada y sus instalaciones, entre otros los siguientes aspectos, como metodología de control:

a. Niveles de control para los factores de ponderación considerados
b. Lotes de ejecución (y de obra e instalaciones terminadas)
c. Unidades de inspección
d. Frecuencias de comprobación
e. Pruebas de servicio sobre obra terminada y sus instalaciones, o en fases de su ejecución (pruebas parciales o finales).

18.1.1 Programación

La programación del control de calidad de ejecución de la obra debe adecuarse a las particulares circunstancias del edificio y de su entorno, como de la propia obra, considerando unos posibles factores de ponderación que pueden venir a modificar dicha programación, tanto en lo relativo a la recepción de productos y equipos, como a la ejecución de la obra y la obra terminada.

Actualmente, son de aplicación niveles de control por exigencia de la EHE vigente, en los materiales y en la ejecución; distintos niveles de control, por exigencias del Libro de Control de Calidad en Obras de Edificación de Viviendas (LC-91), para distintos factores de riesgo (dimensional, estructural, sísmico, geotécnico, medio ambiental, etc.).

Por otras causas, también puede ser modificado (simplificado) el control de recepción en obra de productos y equipos, si éstos ostentan un distintivo de calidad oficialmente reconocido (certificación voluntaria). En cuanto al control de ejecución, si el contratista dispone de un plan de aseguramiento de la calidad específico para la obra o, en el mejor de los casos, si su actividad está certificada mediante un distintivo de calidad oficialmente reconocido, esto puede dar lugar a que se aplique una disminución del control de ejecución (externo) por la Dirección Facultativa.

18.2 Metodología de análisis y muestreo

18.2.1 Lotes de ejecución

Se dividirá la obra o instalación en partes o lotes de ejecución, coherentes con el desarrollo previsto en el Plan de Obra (del contratista), para la ejecución de cada uno de ellos. Para ello, los lotes de ejecución se definirán e identificarán aplicando los siguientes criterios:

- Se corresponderán con partes sucesivas en el proceso de ejecución de la obra. (Plan de Obra)

- Agruparán elementos de tipología semejante, en su caso.

- Se dimensionarán teniendo en cuenta que un lote de ejecución es una parte de la obra o de una instalación, cuya ejecución es posible someter a aceptación en su conjunto (recepción por la D.F.).

Es conveniente que la identificación de los lotes de ejecución se efectúe también mediante una documentación gráfica.

Siendo para los lotes de control de la resistencia para hormigones, en función de sus solicitaciones, las siguientes restricciones:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

Cuando un lote esté constituido por amasadas de hormigones en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, podrá aumentarse su tamaño multiplicando los valores de la tabla 86.5.4.1 por cinco o por dos, en función de que el nivel de garantía para el que se ha efectuado el reconocimiento sea conforme con el apartado 5.1 o con el apartado 6 del Anejo nº 19, respectivamente. En estos casos de tamaño ampliado del lote, el número mínimo de lotes será de tres correspondiendo, si es posible, cada lote a elementos incluidos en cada columna de la Tabla 86.5.4.1. En ningún caso, un lote podrá estar formado por amasadas suministradas a la obra durante un período de tiempo superior a seis semanas.

18.2.2 Definición de procesos

Definido cada lote de ejecución, se identificará la totalidad de los procesos y actividades susceptibles de ser comprobados en cada lote, por la Dirección Facultativa. Constituye una unidad de inspección la dimensión o tamaño máximo de un proceso o actividad comprobable (en general) en una visita de inspección a la obra. Así, en función de los desarrollos de procesos y actividades previstas en el Plan de Obra, en cada inspección a la obra de la Dirección Facultativa podrá comprobarse solo un determinado número de unidades de inspección, las cuales, pueden corresponder a uno o más lotes de ejecución.

Con los anteriores criterios se definirá el tamaño máximo o dimensión de cada unidad de inspección, según el tipo de obra.

Para esto, se pueden confeccionar listados de control asociados, como apoyo al procedimiento de verificación de los procesos y actividades de la obra y sus instalaciones.

18.2.3 Frecuencias

Para cada proceso o actividad incluida en un lote de ejecución, la Dirección Facultativa procederá a su control externo mediante un número mínimo de comprobaciones, es decir, establecerá las frecuencias de comprobación en función de los niveles de control para los factores de ponderación considerados en el Programa de Control de Ejecución y aquellos otros ordenados por la Dirección Facultativa.

Control a nivel intenso: Este nivel de control, además del control externo, exige que el Constructor posea un sistema de calidad propio, auditado de forma externa, y que la elaboración de la ferralla y los elementos prefabricados, en caso de existir, se realicen en instalaciones industriales fijas y con un sistema de certificación voluntario.

Si no se dan estas condiciones, la Dirección de Obra deberá exigir al Constructor unos procedimientos específicos para la realización de, al menos, tres inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Para este nivel de control, externo, se exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel normal: Este nivel de control externo es de aplicación general y exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel reducido: Este nivel de control externo es aplicable cuando no existe un seguimiento continuo y reiterativo de la obra y exige la realización de, al menos, una inspección por cada lote en los que se ha dividido la obra.

18.2.4 Pruebas finales

Antes de la puesta en servicio del edificio se debe comprobar que:

a) La cimentación se comporta en la forma prevista en el proyecto;
b) No se aprecia que se estén superando las cargas admisibles;
c) Los asientos se ajustan a lo previsto, si, en casos especiales, así lo exige el proyecto o el Director de Obra;
d) No se han plantado árboles, cuyas raíces puedan originar cambios de humedad en el terreno de cimentación, o creado zonas verdes cuyo drenaje no esté previsto en el proyecto, sobre todo en terrenos expansivos.

Si bien es recomendable controlar los movimientos del terreno para cualquier tipo de construcción, en edificios de tipo C-3 y C-4 será obligado el establecimiento de un sistema de nivelación para controlar el asiento de las zonas más características de la obra, en las siguientes condiciones:

e) El punto de referencia debe estar protegido de cualquier eventual perturbación, de forma que pueda considerarse como inmóvil, durante todo el periodo de observación;
f) El número de pilares a nivelar no será inferior al 10% del total de la edificación. En el caso de que la superestructura se apoye sobre muros, se preverá un punto de observación cada 20 m de longitud, como mínimo. En cualquier caso el número mínimo de referencias de nivelación será de 4. La precisión de la nivelación será de 0,1 mm;
g) La cadencia de lecturas será la adecuada para advertir cualquier anomalía en el comportamiento de la cimentación. Es recomendable efectuarlas al completarse el 50% de la estructura al final de la misma, y al terminar la tabiquería de cada dos plantas de la edificación;
h) El resultado final de las observaciones se incorporará a la documentación de la obra.

En caso de tener que efectuar pruebas de servicio conforme al Programa de Control de Ejecución o bien por orden de la Dirección Facultativa para aceptación de un lote de ejecución o de obra terminada, éstas podrán ser realizadas por un laboratorio de control acreditado. Conocido el resultado de las pruebas se comprobará si estas son, o no, conformes con las condiciones de aceptación del proyecto (Plan de Control, Pliego de Condiciones). La Dirección Facultativa procederá a la aceptación o al rechazo del lote de ejecución.

18.2.5 Supervisión de la ejecución de la obra.

18.2.5.1 Generalidades:

Durante el período de ejecución se tomarán las precauciones oportunas para asegurar la conservación en buen estado de las cimentaciones.

En el caso de presencia de aguas ácidas, salinas, o de agresividad potencial se tomarán las oportunas medidas. No se permitirá la presencia de sobrecargas cercanas a las cimentaciones, si no se han tenido en cuenta en el proyecto. En todo momento se debe vigilar la presencia de vías de agua, por el posible descarnamiento que puedan dar lugar bajo las cimentaciones. En el caso en que se construyan edificaciones próximas, deben tomarse las oportunas medidas que permitan garantizar el mantenimiento intacto del terreno y de sus propiedades tenso-deformacionales.

La observación de asientos excesivos puede ser una advertencia del mal estado de las zapatas (ataques de aguas selenitosas, desmoronamiento por socavación, etc.); de la parte enterrada de pilares y muros o de las redes de agua potable y de saneamiento. En tales casos debe procederse a la observación de la cimentación y del terreno circundante, de la parte enterrada de los elementos resistentes verticales y de las redes de agua potable y saneamiento, de forma que se pueda conocer la causa del fenómeno.

En edificación cimentada de forma directa no se harán obras nuevas sobre la cimentación que pueda poner en peligro su seguridad, tales como:

a) Perforaciones que reduzcan su capacidad resistente;
b) Pilares u otro tipo de cargaderos que trasmitan cargas importantes;
c) Excavaciones importantes en sus proximidades u otras obras que pongan en peligro su estabilidad.

Cualquier modificación de las prescripciones descritas debe ser autorizada por el Director de Obra e incluida en el proyecto.

18.2.5.2 Comprobaciones a realizar sobre el terreno de cimentación.

Antes de proceder a la ejecución de la cimentación se realizará la confirmación del estudio geotécnico. Se comprobará visualmente, o mediante las pruebas que se juzguen oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con las previsiones del proyecto. El resultado de tal inspección, definiendo la profundidad de la cimentación de cada uno de los apoyos de la obra, su forma y dimensiones, y el tipo y consistencia del terreno se incorporará a la documentación final de obra. Estos planos quedarán incorporados a la documentación de la obra acabada.

En particular se debe comprobar que:

a) El nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y apreciablemente la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico;
b) El nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas;
c) El terreno presenta apreciablemente una resistencia y humedad similar a la supuesta en el estudio geotécnico;

d) No se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc.;
e) No se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres;

18.2.5.3 Comprobaciones a realizar sobre los materiales de construcción

Se comprobará que:

a) Los materiales disponibles se ajustan a lo establecido en el proyecto de edificación y son idóneos para la construcción;
b) Las resistencias son las indicadas en el proyecto.

18.2.5.4 Comprobaciones durante la ejecución

Se dedicará especial atención a comprobar que:

a) El replanteo es correcto;
b) Se han observado las dimensiones y orientaciones proyectadas;
c) Se están empleando los materiales objeto de los controles ya mencionados;
d) La compactación o colocación de los materiales asegura las resistencias del proyecto;
e) Los encofrados están correctamente colocados, y son de los materiales previstos en el proyecto;
f) Las armaduras son del tipo, número y longitud fijados en el proyecto;
g) Las armaduras de espera de pilares u otros elementos se encuentran correctamente situadas y tienen la longitud prevista en el proyecto;
h) Los recubrimientos son los exigidos en proyecto;
i) Los dispositivos de anclaje de las armaduras son los previstos en el proyecto;
j) El espesor del hormigón de limpieza es adecuado;
k) La colocación y vibración del hormigón son las correctas;
l) Se está cuidando que la ejecución de nuevos trabajos no altere el estado de lo ya realizado.
m) Las vigas de atado y centradoras así como sus armaduras están correctamente situadas;

n) Los agotamientos entran dentro de lo previsto y se ajustan a las especificaciones del estudio geotécnico para evitar sifonamientos o daños a estructuras vecinas;
o) Las juntas corresponden con las previstas en el proyecto;
p) Las impermeabilizaciones previstas en el proyecto se están ejecutando correctamente.

Inyecciones.

Procedimiento de trabajo.

- Elección e instalación de los puntos de control de movimientos de la estructura a reforzar. La primera lectura se realizará con anterioridad a los trabajos de perforación e inyección.
- Se realiza la perforación hasta la profundidad requerida, definida previamente en la fase de diseño.
- Una vez alcanzada la profundidad requerida, se procede a la inyección del mortero, controlando la presión y el volumen inyectados en el terreno.
- Después de haber inyectado el volumen definido en proyecto para cada fase, o aquél compatible con todos los criterios de inyección, se procede a la extracción del varillaje entre 30 y 50 cm, dando comienzo a la siguiente fase de inyección.

En determinadas ocasiones puede ser aconsejable realizar la perforación en sentido inverso, de arriba abajo.

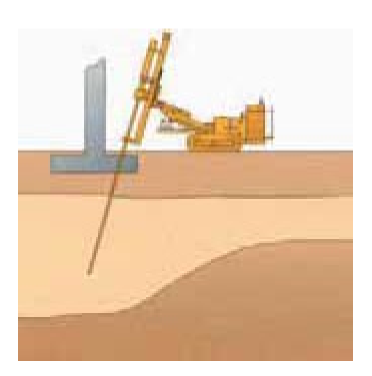
El mortero empleado está compuesto por arena, cemento y aditivos plastificantes.



Mezcla de la lechada.

El proceso completo consta de las siguientes fases:

- Instalación de la tubería de inyección.
- Perforación. Es importante el posicionamiento.
- Registro de la información del terreno obtenida de la perforación.

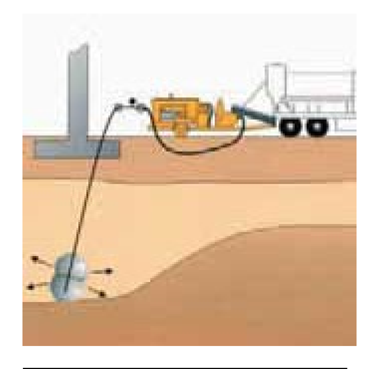


Perforación.

- Comienzo de la inyección. Normalmente de abajo a arriba aunque puede ejecutarse a la inversa. El control y calidad del mortero deben ser tenidos en cuenta. La presión y el volumen suelen estar limitados.

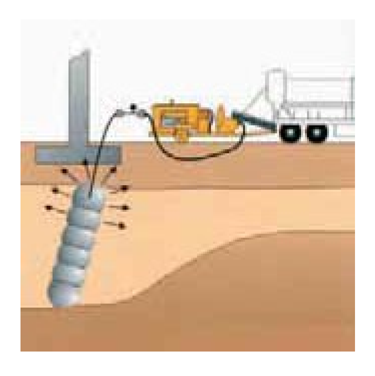


Instrumento de inyección.



Inyección de mortero.

- Continuación de la inyección. Se controla la presión, el volumen y el cono del mortero. Hay que realizar una planificación en la secuencia de puntos de tratamiento clara.



Inyección completa.

Criterio de inyección:

El desplazamiento del terreno circundante al punto de aplicación de la inyección provoca movimientos en el terreno. Los criterios para finalizar una fase de inyección y pasar a la siguiente son los que se enumeran a continuación:

1 Cuando se alcance el volumen de mortero inyectado definido para cada fase.

2 Cuando se alcance la máxima presión indicada en las especificaciones de proyecto.

3 Cuando se produzca reflujo de mortero a través del taladro de la perforación.

4 Cuando se produzcan movimientos en la estructura o en la plataforma de trabajo, fuera del rango admisible establecido por cálculo.

Control de Calidad.

La calidad e idoneidad del mortero fresco deben ser controladas mediante la medida del asiento en el cono de Abrams. También se verificará la resistencia a la compresión simple.

El grado de compactación alcanzado puede ser controlado mediante los siguientes parámetros, dependiendo del objetivo perseguido y de las condiciones del suelo:

- Evaluación de los datos recopilados por el sistema de registro de parámetros instalado en los equipos de perforación e inyección.

- Control de movimientos en la plataforma de trabajo o en la estructura para asegurar los correctos parámetros de ejecución.



Plataforma de trabajo.

En función del tipo de terreno y del objetivo de mejora perseguido, se definirán los ensayos de control, que podrían ser:

- Ensayos penetrométricos (CPT, SPT) antes y después del proceso de inyección en suelos no cohesivos, crosshole, u otros.

Investigaciones previas, Consideraciones geotécnicas y toma de datos en obra.

- Investigaciones previas.

  Para un tratamiento eficaz de inyecciones de compactación, es necesario tener un buen conocimiento de las condiciones del subsuelo. Disponer de un completo informe geotécnico facilitará el diseño de un correcto trabajo de inyecciones, así como el conocimiento de las condiciones de estructuras cercanas.

- Consideraciones geotécnicas.

  Hay una serie de requisitos que deben cumplirse para propiciar un correcto funcionamiento de las inyecciones de compactación:

  - La tensión vertical en el estrato a tratar debe ser suficiente para permitir que la inyección desplace horizontalmente el terreno. Una elevación excesiva de la superficie evitará una correcta densificación.

  - En suelos saturados, la velocidad de inyección deberá ser lo suficientemente lenta como para permitir disipar la presión intersticial. La secuencia de inyecciones es muy importante.

  - Deberán evitarse los suelos con arcillas saturadas o expansivas.

  - En los estratos más compresibles se producirá un mayor desplazamiento. Las inyecciones de compactación focalizan la mejora en las zonas más necesitadas.

- Toma de datos.

  Se anotaran sistemáticamente los siguientes datos:

  1. Elevación y asientos en el terreno y en las cimentaciones alrededor de la perforación.
  2. Volumen inyectado en cada fase.

3. Presión de inyección alcanzada en cada fase.
4. Criterio de finalización alcanzado en cada fase.
5. Parte diario de trabajo.

La experiencia ha demostrado que el espaciamiento entre puntos de tratamiento no debe superar los 2 ó 3 m.

El criterio de máxima presión de inyección previene la fracturación del terreno, el levantamiento del mismo, y limita el volumen de inyección de mortero. Las fases de inyección en vertical se separan habitualmente en intervalos entre 30 y 100 cm.



Maquinaría de inyección.

18.3 Valoración de las comprobaciones.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre la ejecución de las inyecciones se obtengan discrepancias importantes de los datos del proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones de las diferentes tipologías constructivas en inyecciones deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE, CTE.

En cualquier caso, el director de obra valorará, en función del riesgo, si la discrepancia con los datos del proyecto es aceptable o no.

18.4 Conclusiones técnicas.

Conclusiones y Recomendaciones

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación de la ejecución de trabajos geotécnicos especiales mediante inyecciones, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y así dejar un registro de la parte inspeccionada.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución.

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

18.5 Informes y documentos derivados de la verificación.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán los Informes y documentos derivados de la evaluación del proyecto de trabajos geotécnicos especiales mediante inyecciones, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación, de proyecto y ejecución de estructura.

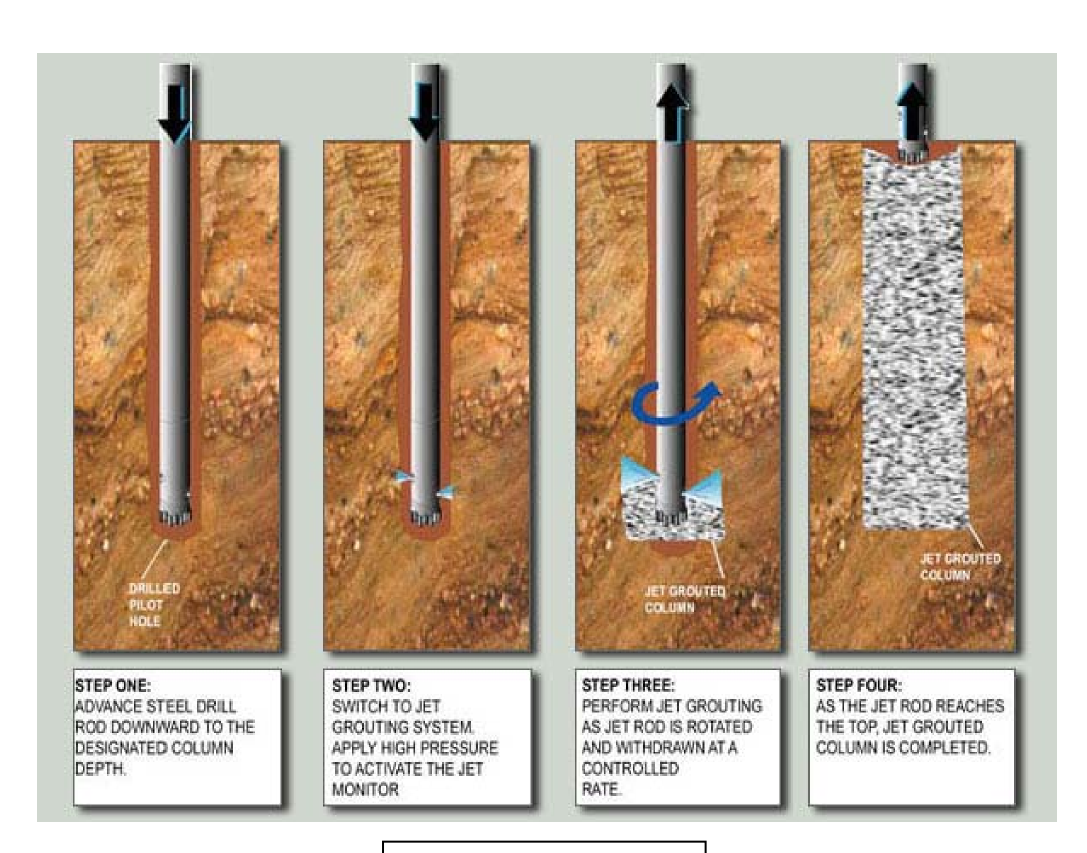
Todas las comprobaciones efectuadas, además de las conclusiones y recomendaciones quedarán reflejadas en las listas de comprobación.





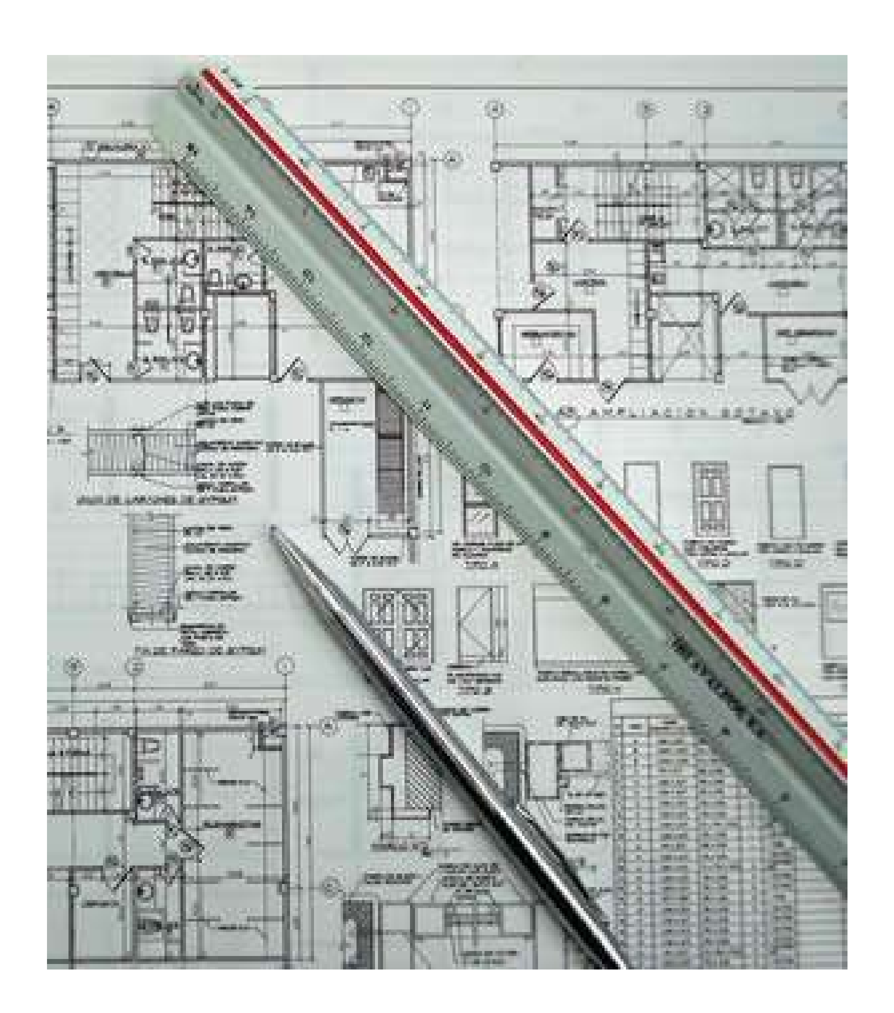
19. JET GROUTING. FASE PROYECTO.

ÍNDICE



Jet Grouting.



19.PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE PROYECTO.

19.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONTROL.

Como documentación de partida para el control del proyecto de esta unidad de obra será necesaria la siguiente documentación:

- Inspección Preliminar del Emplazamiento, del que deberán extraerse los siguientes datos:

  - Riesgos Ambientales.
  - Riesgos del terreno: Topográficos, presencia de agua, agresividad del terreno o aguas freáticas, sismicidad, especiales.
  - Riesgos por preexistentes: Descripción, estado de conservación, deterioros.
  - Riesgos por colindantes: Descripción, estado conservación, deterioros.

- Otros riesgos: Presencia o proximidad de colectores, redes de agua, depósitos de combustible, explosivos.

• Estudio Geotécnico, del que se tomarán los siguientes datos:

  - Naturaleza del subsuelo del plano de cimentación.
  - Cota de apoyo de cimentación.
  - Tensión admisible. Coeficiente de seguridad adoptado. Asientos.
  - Agresividad del medio (agua, suelo).
  - Nivel freático por encima de la cota de cimentación. Métodos de rebajamiento del nivel freático (bombeo mediante pozos, well-point, etc.)
  - Arcillas expansivas. Empleo de medidas correctoras.
  - Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.
  - Recomendaciones que puedan ser de utilidad para la revisión del Proyecto.

• Copia del Proyecto de Ejecución, con los documentos que se indican a continuación:

  - Memoria de Cálculo.
  - Planos de Cimentación.
  - Pliego de Condiciones y Estado de Mediciones y Presupuesto.

La supervisión del proyecto de trabajos de jet grouting se realizará siguiendo la sistemática general que se define para la revisión del Proyecto de modo que se realizan las dos actividades:

- Supervisión documental de Proyecto.
- Supervisión del dimensionado.

19.2 SUPERVISIÓN DOCUMENTAL DE PROYECTO.

19.2.1 Memoria y Anejos.

En el documento Memoria de Cálculo, se presta especial atención a:

- Normativa aplicada.
- Descripción de la cimentación.
- Tensión admisible del terreno.
- Agresividad del medio (agua, suelo).
- En zona sísmica, exigencias de arriostramiento.
- Sistema y método de cálculo empleado.
- Acciones consideradas en el cálculo.
- Hipótesis de carga realizadas y coeficientes parciales de seguridad según el nivel de control establecido.
- Características resistentes de los materiales.
- Medidas de rebajamiento del nivel freático, en el caso de que esté por encima de la cota de cimentación.
- En el caso de arcillas expansivas, medidas correctoras.
- Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con lo determinado en la Inspección Preliminar del Emplazamiento y principalmente en el Estudio Geotécnico.

19.2.2 Planos.

En el documento Planos, se presta especial atención en los Planos de Cimentación a:

- Replanteo de la cimentación.
- Indicación de la cota del plano de cimentación y cota del nivel freático, en caso de afectar a la excavación.
- Cuadro de encepados, con indicación de la cuantía y disposición de armados en cada dirección, con indicación de las patillas necesarias, en su caso. Indicación clara de los ejes considerados para evitar errores de interpretación.
- Tensión admisible del terreno.
- Cuadro de características de materiales.

- Cuadro de longitudes de anclaje-solape en función de la calidad del hormigón y del acero.
- Cuadro de esperas de pilares.
- Detalles de planos.

  - Plano de replanteo para la ejecución de trabajos de jet grouting.
  - Espesor mínimo del hormigón de limpieza. Indicación de separadores.
  - Detalle del armado de vigas de atado y vigas centradoras. Secciones tipo.
  - Encuentros de vigas de atado y centradoras en los elementos de cimentación.
  - Detalle de arranques de pilares.
  - Detalle de cimentaciones para juntas de dilatación en estructura, juntas en “diapasón”.
  - Detalle del foso de ascensor (en su caso), e interferencia con los cimientos.
  - Detalle del encuentro de la cimentación (vigas), con la red de albañales.
  - Detalle de conexión con la red de puesta a tierra. Ver planos de instalaciones.

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con el resto de los documentos del Proyecto, principalmente con el Pliego de Condiciones y el Estado de Mediciones y Presupuesto.

La consecuencia directa de la supervisión documental del Proyecto es la solicitud mediante documento escrito de aquellas deficiencias detectadas en cuanto a la definición del Proyecto.

Para la supervisión documental de Proyecto se rellenará una lista de comprobación, que se encuentra en el apartado anexos, de modo que se verifica en los documentos del Proyecto Memoria y Planos la existencia y adecuación de los puntos anteriores.

19.3 SUPERVISIÓN DEL DIMENSIONADO ESTRUCTURAL.

19.3.1 Metodología de análisis y muestreo.

La revisión de la unidad de obra objeto del presente documento, se realizará en base a un mínimo de elementos.

Estos elementos se seleccionarán preferentemente de entre los más cargados, mayores dimensiones y/o cuantías de armado.

Se prestará especial atención a elementos o disposiciones constructivas singulares, así como aspectos detectados que por su naturaleza o situación puedan derivar en situaciones específicas de riesgo.

Se propone en general para esta unidad de obra un muestreo:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

19.3.2 Adecuación de acciones.

El análisis de la cimentación desde el Proyecto implica el estudio detallado de la misma en la memoria y los planos con la finalidad de encaminar el posterior proceso de cálculo mediante la identificación de los elementos más conflictivos antes de entrar en la comprobación de los cálculos.

Con respecto al análisis de las cargas en la Memoria de cálculo tiene el objeto de obtener el dato de las acciones consideradas en Proyecto de las cargas

para, posteriormente hacer una superposición con el dato recogido en la NCSR-02. En concreto se recogen los valores de:

- Concargas:
  Peso propio

  Cargas permanentes

- Sobrecargas:
  Sobrecarga de uso

  Sobrecarga de tabiquería

- Nieve:
  En función de la altura topográfica se tomarán los valores de carga que correspondan

- Viento:
  Será considerado en las zonas en las que la ubicación del edificio sea expuesta

- Sismo:
  Será considerado en las zonas sísmicas

Consideraciones.

Si las acciones propuestas son iguales o inferiores a las de normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las reglamentarias.

Si las acciones propuestas son superiores a las de la normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las consideradas en Proyecto, previa confirmación del proyectista.

- Coeficientes de mayoración y minoración, se registrarán los considerados en Proyecto.
- Determinación de esfuerzos:
  - Combinaciones de las acciones consideradas, según el Artículo 13 “Combinación de Acciones” de la EHE.
  - Características de los materiales, se registrarán los valores de resistencia característica del hormigón y del acero.

19.3.3 Adecuación a la normativa sismorresistente.

La aplicación de la norma NCSR-02 es de obligado cumplimiento en las estructuras de edificación que nos ocupan, por lo que será preceptiva su consideración en los casos en los que lo indique la norma. En caso de no aplicarse, acogiéndose al art 1.2.3. de la citada norma, se deberá justificar tal circunstancia.

En cualquier caso deberá indicarse tanto en la Memoria como en los planos, la aceleración básica, el grado de ductilidad, disposiciones constructivas, etc.

19.3.4 Determinación de Esfuerzos.

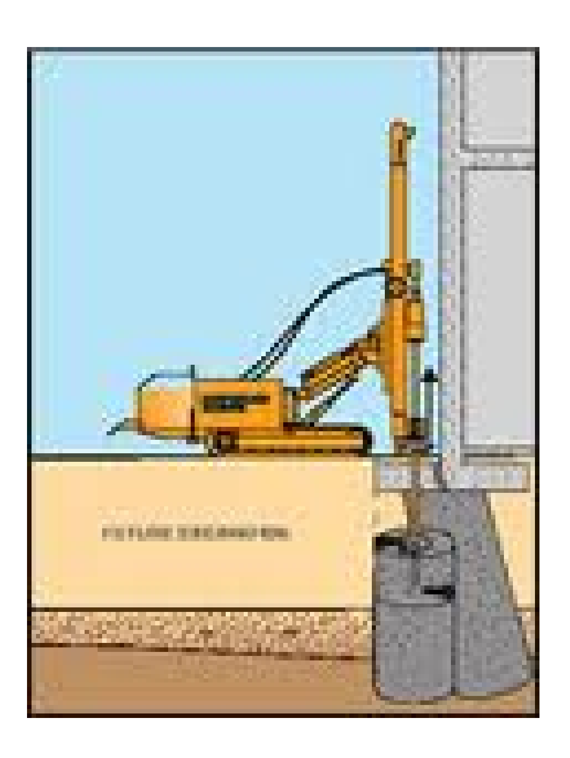
La determinación de los esfuerzos en la cimentación se hará con arreglo a los principios de la mecánica racional, complementados en caso necesario por las teorías clásicas de la resistencia de materiales y de la elasticidad.

Las simplificaciones efectuadas sobre la estructura real para transformarla en una ideal de cálculo se describirán detalladamente, incluyendo el modelo estructural, dimensiones, características mecánicas, tipos de conexiones en nudos y condiciones de sustentación (incluidas las características del terreno).

19.3.5 Cumplimiento de condiciones de seguridad de cimentación.

Una vez obtenidos los esfuerzos de cálculo, se verificará la adecuación de la cimentación proyectada, analizando las condiciones generales de estabilidad y los estados límites últimos, verificando que se cumplen los coeficientes de seguridad exigidos por la normativa vigente.

Jet Grouting.



Jet grouting de refuerzo para cimiento.

Para un correcto control de la fase proyecto en la ejecución de elementos mediante el uso del sistema denominado JET GROUTING, debemos prestar especial atención a los siguientes condicionantes.

- En el proyecto debe aparecer claramente que las brocas de los taladros siempre han de estar por encima de la capa freática.
  De no ser así, se deben adoptar medidas para evitar la colocación de las tuberías por los taladros.
- Se definirán los objetivos de la inyección y los criterios de control.
- La secuencia de ejecución debe aparecer detallada en planos.
- Las condiciones técnicas de los trabajos deben aparecer detalladas.
- Ver la existencia de un ensayo previo. Indispensable sino disponemos de antecedentes de trabajos similares o si la investigación del terreno ha podido ser deficiente.
- Se observará cualquier información existente sobre el terreno, aspectos geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos que puedan influir en los trabajos.
- Serán tenidas en cuenta las consideraciones medioambientales por la interferencia con las cimentaciones y estructuras contiguas.

- Se prestará especial atención a los antecedentes existentes sobre trabajos de jet grouting en la misma zona y condiciones similares.
- Si los esfuerzos a los que se va someter al material inyectado son muy altos, previamente debe ser estudiado en laboratorio. De ser así comprobaremos la existencia de dichos ensayos.
- Definición de la secuencia y régimen de ejecución, tiempos de fraguado y endurecimiento, diámetro de las columnas.
- Límites definidos de asentamiento, desplazamiento lateral u horizontal.

El proyecto a realizar para los trabajos de jet grouting contemplará claramente la siguiente información:

- Dimensiones mínimas de las secciones de los elementos inyectados en los diferentes estratos.
- Tolerancias en la posición e inclinación de los ejes de cada elemento.
- Dimensiones máximas de las secciones.
- Espaciado entre elementos.
- Forma y volumen del terreno a tratar. Puntos singulares.
- Estabilidad y deformación de las columnas inyectadas.
- Resistencia mínima de cada elemento..
- Dispersión.
- Ensayos y controles necesarios durante el proceso de jet grouting. Incluso previos a la misma y al finalizar la ejecución de trabajos.

Para las decisiones a tomar en la ejecución de los trabajos hay que tener siempre en cuenta que los datos que tengamos sobre el terreno sean actuales y fiables.

19.3.6 Cumplimiento de condiciones de durabilidad.

Se deberá identificar tanto en la memoria como en los planos la designación del ambiente para determinar la calidad del hormigón y en el caso de agresividad del suelo y/o agua el empleo de medidas correctoras, de acuerdo con lo establecido en el apartado 8.2 de la EHE.

Además se debe indicar en Memoria y Planos los recubrimientos mínimos, adecuados al tipo de ambiente, así como cualquier otra medida a tomar durante la ejecución de la obra.

19.4 VALORACIÓN DE LAS COMPROBACIONES.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre el proyecto de cimentación se obtengan discrepancias importantes con los valores de las cargas en cimentación o esfuerzos considerados en el proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones del dimensionamiento de los elementos de cimentación, (hundimiento, vuelco, estados límites últimos de flexión, cortante, punzonamiento, longitud de anclaje, etc..), los coeficientes de seguridad obtenidos deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE.

Sin embargo las posibles diferencias en los métodos de cálculo y simplificaciones habituales pueden llevar a obtener en la comprobación valores ligeramente inferiores del coeficiente de seguridad a los obtenidos en el diseño y dimensionamiento. En este caso, el director de obra valorará, en función del riesgo, si la baja del coeficiente de seguridad respecto del valor fijado por la normativa es aceptable o no.

Frente a estados límites últimos de flexión y flexocompresión el límite máximo aceptable sería del 10%, mientras que para e.l.u. susceptibles de producir una rotura frágil, (p.ej. punzonamiento), no parece prudente aceptar valores inferiores a un 5% al fijado por la normativa.

19.5 CONCLUSIONES TÉCNICAS.

Conclusiones y Recomendaciones.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación del proyecto de cimentación mediante jet grouting**,** para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y de proyecto y ejecución de estructura.

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.

- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica del Riesgo de la cimentación.

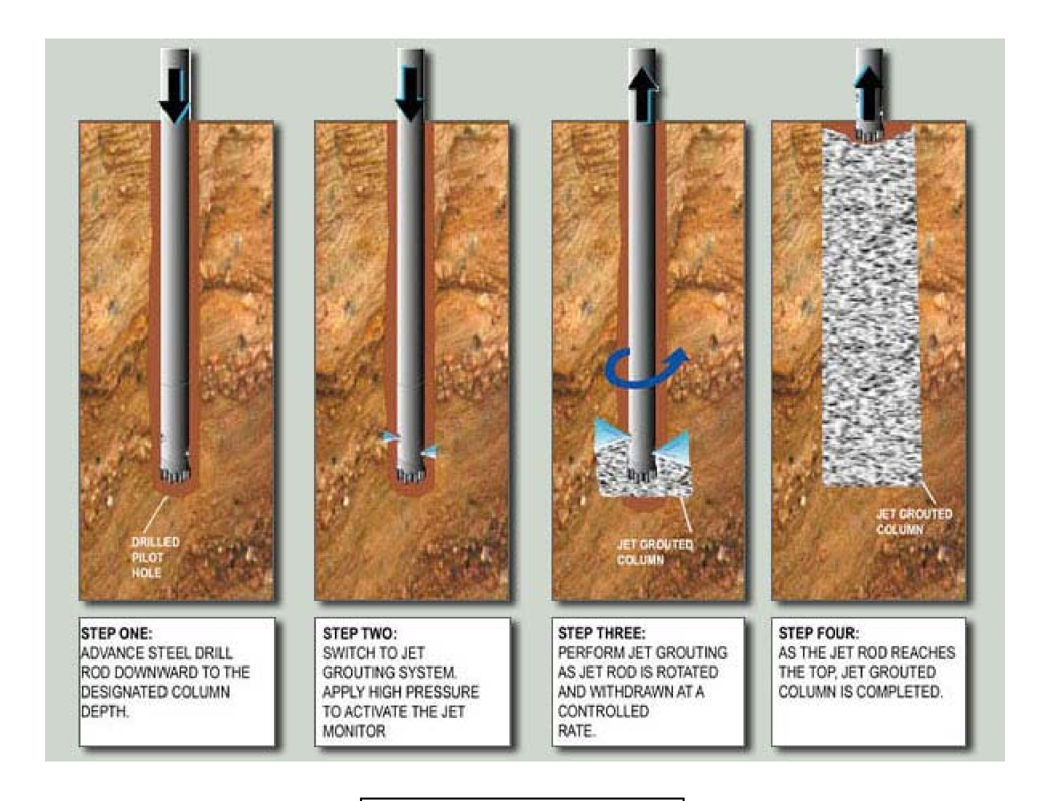
Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución.

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de revisión del proyecto de estructura y de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

Todas las comprobaciones efectuadas, además de las conclusiones y recomendaciones quedarán reflejadas en las listas de comprobación.

20. JET GROUTING. FASE EJECUCIÓN.

ÍNDICE



Jet Grouting.

20. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

20.1 Descripción del proceso de verificación.

El Programa de Control de Ejecución aprobado por la Dirección Facultativa deberá haber identificado para la ejecución de obra, la obra terminada y sus instalaciones, entre otros los siguientes aspectos, como metodología de control:

a. Niveles de control para los factores de ponderación considerados.
b. Lotes de ejecución (y de obra e instalaciones terminadas)
c. Unidades de inspección
d. Frecuencias de comprobación
e. Pruebas de servicio sobre obra terminada y sus instalaciones, o en fases de su ejecución (pruebas parciales o finales).

20.1.1 Programación

La programación del control de calidad de ejecución de la obra, debe adecuarse a las particulares circunstancias del edificio y de su entorno, como de la propia obra, considerando unos posibles factores de ponderación que pueden venir a modificar dicha programación, tanto en lo relativo a la recepción de productos y equipos, como a la ejecución de la obra y la obra terminada.

Actualmente, son de aplicación niveles de control por exigencia de la EHE vigente, en los materiales y en la ejecución; distintos niveles de control, por exigencias del Libro de Control de Calidad en Obras de Edificación de Viviendas (LC-91), para distintos factores de riesgo (dimensional, estructural, sísmico, geotécnico, medio ambiental, etc.).

Por otras causas, también puede ser modificado (simplificado) el control de recepción en obra de productos y equipos, si éstos ostentan un distintivo de calidad oficialmente reconocido (certificación voluntaria). En cuanto al control de ejecución, si el contratista dispone de un plan de aseguramiento de la calidad específico para la obra o, en el mejor de los casos, si su actividad está certificada mediante un distintivo de calidad oficialmente reconocido, esto puede dar lugar a que se aplique una disminución del control de ejecución (externo) por la Dirección Facultativa.

20.2 Metodología de análisis y muestreo

20.2.1 Lotes de ejecución

Se dividirá la obra o instalación en partes o lotes de ejecución, coherentes con el desarrollo previsto en el Plan de Obra (del contratista), para la ejecución de cada uno de ellos. Para ello, los lotes de ejecución se definirán e identificarán aplicando los siguientes criterios:

- Se corresponderán con partes sucesivas en el proceso de ejecución de la obra. (Plan de Obra)

- Agruparán elementos de tipología semejante, en su caso.

- Se dimensionarán teniendo en cuenta que un lote de ejecución es una parte de la obra o de una instalación, cuya ejecución es posible someter a aceptación en su conjunto (recepción por la D.F.).

Es conveniente que la identificación de los lotes de ejecución se efectúe también mediante una documentación gráfica.

Siendo para los lotes de control de la resistencia para hormigones, en función de sus solicitaciones, las siguientes restricciones:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

Cuando un lote esté constituido por amasadas de hormigones en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, podrá aumentarse su tamaño multiplicando los valores de la tabla 86.5.4.1 por cinco o por dos, en función de

que el nivel de garantía para el que se ha efectuado el reconocimiento sea conforme con el apartado 5.1 o con el apartado 6 del Anejo nº 19, respectivamente. En estos casos de tamaño ampliado del lote, el número mínimo de lotes será de tres correspondiendo, si es posible, cada lote a elementos incluidos en cada columna de la Tabla 86.5.4.1. En ningún caso, un lote podrá estar formado por amasadas suministradas a la obra durante un período de tiempo superior a seis semanas.

20.2.2 Definición de procesos

Definido cada lote de ejecución, se identificará la totalidad de los procesos y actividades susceptibles de ser comprobados en cada lote, por la Dirección Facultativa. Constituye una unidad de inspección la dimensión o tamaño máximo de un proceso o actividad comprobable (en general) en una visita de inspección a la obra. Así, en función de los desarrollos de procesos y actividades previstas en el Plan de Obra, en cada inspección a la obra de la Dirección Facultativa podrá comprobarse solo un determinado número de unidades de inspección, las cuales, pueden corresponder a uno o más lotes de ejecución.

Con los anteriores criterios se definirá el tamaño máximo o dimensión de cada unidad de inspección, según el tipo de obra.

Para esto, se pueden confeccionar listados de control asociados, como apoyo al procedimiento de verificación de los procesos y actividades de la obra y sus instalaciones.

20.2.3 Frecuencias

Para cada proceso o actividad incluida en un lote de ejecución, la Dirección Facultativa procederá a su control externo mediante un número mínimo de comprobaciones, es decir, establecerá las frecuencias de comprobación en función de los niveles de control para los factores de ponderación considerados en el Programa de Control de Ejecución y aquellos otros ordenados por la Dirección Facultativa.

Control a nivel intenso: Este nivel de control, además del control externo, exige que el Constructor posea un sistema de calidad propio, auditado de forma externa, y que la elaboración de la ferralla y los elementos prefabricados,

en caso de existir, se realicen en instalaciones industriales fijas y con un sistema de certificación voluntario.

Si no se dan estas condiciones, la Dirección de Obra deberá exigir al Constructor unos procedimientos específicos para la realización de, al menos, tres inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Para este nivel de control, externo, se exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel normal: Este nivel de control externo es de aplicación general y exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel reducido: Este nivel de control externo es aplicable cuando no existe un seguimiento continuo y reiterativo de la obra y exige la realización de, al menos, una inspección por cada lote en los que se ha dividido la obra.

20.2.4 Pruebas finales

Antes de la puesta en servicio del edificio se debe comprobar que:

a) La cimentación se comporta en la forma prevista en el proyecto;
b) No se aprecia que se estén superando las cargas admisibles;
c) Los asientos se ajustan a lo previsto, si, en casos especiales, así lo exige el proyecto o el Director de Obra;
d) No se han plantado árboles, cuyas raíces puedan originar cambios de humedad en el terreno de cimentación, o creado zonas verdes cuyo drenaje no esté previsto en el proyecto, sobre todo en terrenos expansivos.

Si bien es recomendable controlar los movimientos del terreno para cualquier tipo de construcción, en edificios de tipo C-3 y C-4 será obligado el establecimiento de un sistema de nivelación para controlar el asiento de las zonas más características de la obra, en las siguientes condiciones:

e) El punto de referencia debe estar protegido de cualquier eventual perturbación, de forma que pueda considerarse como inmóvil, durante todo el periodo de observación;
f) El número de pilares a nivelar no será inferior al 10% del total de la edificación. En el caso de que la superestructura se apoye sobre muros,

se preverá un punto de observación cada 20 m de longitud, como mínimo. En cualquier caso el número mínimo de referencias de nivelación será de 4. La precisión de la nivelación será de 0,1 mm;

g) La cadencia de lecturas será la adecuada para advertir cualquier anomalía en el comportamiento de la cimentación. Es recomendable efectuarlas al completarse el 50% de la estructura al final de la misma, y al terminar la tabiquería de cada dos plantas de la edificación;
h) El resultado final de las observaciones se incorporará a la documentación de la obra.

En caso de tener que efectuar pruebas de servicio conforme al Programa de Control de Ejecución o bien por orden de la Dirección Facultativa para aceptación de un lote de ejecución o de obra terminada, éstas podrán ser realizadas por un laboratorio de control acreditado. Conocido el resultado de las pruebas se comprobará si estas son, o no, conformes con las condiciones de aceptación del proyecto (Plan de Control, Pliego de Condiciones). La Dirección Facultativa procederá a la aceptación o al rechazo del lote de ejecución.

20.2.5 Supervisión de la ejecución de la obra.

20.2.5.1 Generalidades:

Durante el período de ejecución se tomarán las precauciones oportunas para asegurar la conservación en buen estado de las cimentaciones.

En el caso de presencia de aguas ácidas, salinas, o de agresividad potencial se tomarán las oportunas medidas. No se permitirá la presencia de sobrecargas cercanas a las cimentaciones, si no se han tenido en cuenta en el proyecto. En todo momento se debe vigilar la presencia de vías de agua, por el posible descarnamiento que puedan dar lugar bajo las cimentaciones. En el caso en que se construyan edificaciones próximas, deben tomarse las oportunas medidas que permitan garantizar el mantenimiento intacto del terreno y de sus propiedades tenso-deformacionales.

La observación de asientos excesivos puede ser una advertencia del mal estado de la cimentación (ataques de aguas selenitosas, desmoronamiento por socavación, etc.); de la parte enterrada de pilares y muros o de las redes de

agua potable y de saneamiento. En tales casos debe procederse a la observación de la cimentación y del terreno circundante, de la parte enterrada de los elementos resistentes verticales y de las redes de agua potable y saneamiento, de forma que se pueda conocer la causa del fenómeno.

En edificación cimentada de forma directa no se harán obras nuevas sobre la cimentación que pueda poner en peligro su seguridad, tales como:

a) Perforaciones que reduzcan su capacidad resistente;
b) Pilares u otro tipo de cargaderos que trasmitan cargas importantes;
c) Excavaciones importantes en sus proximidades u otras obras que pongan en peligro su estabilidad.

Cualquier modificación de las prescripciones anteriores debe ser autorizada por el Director de Obra e incluida en el proyecto.

20.2.5.2 Comprobaciones a realizar sobre el terreno de cimentación.

Antes de proceder a la ejecución de la cimentación se realizará la confirmación del estudio geotécnico. Se comprobará visualmente, o mediante las pruebas que se juzguen oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con las previsiones del proyecto. El resultado de tal inspección, definiendo la profundidad de la cimentación de cada uno de los apoyos de la obra, su forma y dimensiones, y el tipo y consistencia del terreno se incorporará a la documentación final de obra. Estos planos quedarán incorporados a la documentación de la obra acabada.

En particular se debe comprobar que:

a) El nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y apreciablemente la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico;
b) El nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas;
c) El terreno presenta apreciablemente una resistencia y humedad similar a la supuesta en el estudio geotécnico;
d) No se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc.;

e) No se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres;

20.2.5.3 Comprobaciones a realizar sobre los materiales de construcción

Se comprobará que:

a) Los materiales disponibles se ajustan a lo establecido en el proyecto de edificación y son idóneos para la construcción;
b) Las resistencias son las indicadas en el proyecto.

20.2.5.4 Comprobaciones durante la ejecución

Se dedicará especial atención a comprobar que:

a) El replanteo es correcto;
b) Se han observado las dimensiones y orientaciones proyectadas;
c) Se están empleando los materiales objeto de los controles ya mencionados;
d) La compactación o colocación de los materiales asegura las resistencias del proyecto;
e) Los encofrados están correctamente colocados, y son de los materiales previstos en el proyecto;
f) Las armaduras son del tipo, número y longitud fijados en el proyecto;
g) Las armaduras de espera de pilares u otros elementos se encuentran correctamente situadas y tienen la longitud prevista en el proyecto;
h) Los recubrimientos son los exigidos en proyecto;
i) Los dispositivos de anclaje de las armaduras son los previstos en el proyecto;
j) El espesor del hormigón de limpieza es adecuado;
k) La colocación y vibración del hormigón son las correctas;
l) Se está cuidando que la ejecución de nuevos trabajos no altere el estado de lo ya realizado.
m) Las vigas de atado y centradoras así como sus armaduras están correctamente situadas;
n) Los agotamientos entran dentro de lo previsto y se ajustan a las especificaciones del estudio geotécnico para evitar sifonamientos o daños a estructuras vecinas;

o) Las juntas corresponden con las previstas en el proyecto;
p) Las impermeabilizaciones previstas en el proyecto se están ejecutando correctamente.

Inyecciones.

Procedimiento de trabajo.

Se conoce como "jet grouting" o inyección a alta velocidad a un procedimiento de mejora del terreno que utiliza un "jet" o dardo de fluido de alta energía cinética para romper la estructura del terreno y mezclarlo con una lechada.

No se trata exactamente de un procedimiento de inyección, sino más bien de un procedimiento de mezcla hidrodinámica suelo- lechada en orden a formar un suelo-cemento in situ.

Los consumos de cemento suelen oscilar de 150 a 450 kg por metro lineal de columna.

Su ejecución puede esquematizarse en las siguientes fases:

- Realización de una perforación de pequeño diámetro (100 a 200 mm) en toda la longitud del terreno a tratar.

- Introducción a gran velocidad en esta perforación de un jet o dardo de fluido enviado por una bomba de alta presión (varios centenares de kp/cm²) a través de una o varias toberas de pequeño diámetro (en torno a 2 mm) situadas en la parte inferior del varillaje.

- Retirada lenta del varillaje, con movimientos de extracción y giro lento del dispositivo de inyección, para producir una "columna" de suelo inyectado en toda la longitud tratada.

  Esta columna no se produce en todos los casos. Así, en el caso de inyección de macizos rocosos fracturados o de arcillas fuertemente preconsolidadas el jet tiende a abrir las fisuras y a rellenarlas con lechada de cemento.

Durante la fase de inyección, los volúmenes en exceso de mezcla suelo-cemento (rechazo) deben salir libremente por la cabeza de la perforación y ser evacuados a medida que salen.

Si el "rechazo" no tiene salida libre, se corre el riesgo de fracturar el terreno superficial con los consiguientes asientos, o de levantar el elemento a recalzar.

Hay tres tipologías básicas: jet simple, doble o triple.

- En el **jet simple** la lechada es a su vez el jet destructor del suelo, ejerciendo las tres funciones básicas de rotura del terreno, extracción del detritus y mezcla o incorporación al suelo. Si bien es el método que da columnas de menor diámetro, es el método más empleado. A veces el rechazo formado se hace demasiado viscoso para subir libremente hasta la embocadura de la perforación, con el consiguiente riesgo de entrar en presión y levantar la estructura a recalzar.
- El radio de acción del jet destructor aumenta considerablemente si se protege el jet de lechada con un jet anular de aire. Este es el principio de funcionamiento del **jet doble**.
- En el **jet triple**, las funciones de rotura y de extracción del terreno se obtienen por un jet doble de agua y aire que precede al jet de lechada inyectado a presión muy inferior (algunas decenas de kp/cm²).

  La bomba y el circuito de alta presión no llevan más que agua, por lo que se necesita una bomba suplementaria de baja presión para la lechada. Asimismo se necesita una batería de perforación-inyección de triple tubo.

Datos a tener en cuenta en la supervisión de los trabajos:

1. Diámetro de los cilindros de la bomba de inyección.
2. Velocidad del motor de la bomba.
3. Diámetro de las toberas de salida de la lechada.
4. Velocidad de giro del varillaje.

5. Velocidad ascensional del varillaje.

6, Tipo de terreno. Granulometría y facilidad de corte.

7. Separación entre taladros.

8. Características de la lechada inyectada.



Trabajos de jet grouting..

Antes de iniciar los trabajos de inyección, debemos revisar que el método de ejecución elegido esté claramente definido y no presente lagunas. Revisaremos para ello:

- Identificación, objetivo y extensión de los trabajos.
- Cualquier dato referente al terreno, su descripción.
- Forma del elemento a inyectar.
- Sistema de inyección.
- Proyecto tratamiento inyección.
- Secuencia de ejecución de los trabajos.
- Materiales a utilizar para la perforación y posterior inyección.
- Gestión del exceso de material.
- Métodos de ensayo establecido.

El equipo de inyección debe ser el adecuado para los trabajos previstos en proyecto, comprobaremos para verificarlo:

- Velocidad de perforación
- Caudal inyección.
- Presión de trabajo.
- Longitudes de la sarta de inyección mayores a la longitud del elemento a inyectar.

Ejecución.

La plataforma de trabajo debe ser estable y seca, localizando en ella claramente cada perforación.

El material sobrante será retirado convenientemente. A su vez tendrá para su salida un espacio suficiente entre el pozo y la sarta de inyección.

Las perforaciones pueden tener una desviación máxima entre el punto de inicio teórico de la perforación y el real de 50 mm.

La desviación del eje de las perforaciones será como máximo del 2 % para profundidades de hasta 20 metros.

Supervisión.

Se comprobará que se cumple la configuración geométrica inicial.

Se revisará que la resistencia, deformabilidad, permeabilidad y densidad del material inyectado es la conveniente.

Se observará y estudiará el material sobrante por si pudiera aportarnos algún dato de utilidad.

- Ensayos a realizar sobre la lechada de cemento antes de la ejecución:

- Densidad.
- Decantación

- Viscosidad en cono de March.
- Tiempo de fraguado.
- Resistencia a compresión simple a 3, 7 y 28 días.

• Ensayos a realizar durante la ejecución:

- Densidad, dos veces diarias como mínimo.
- Viscosidad cono de March.
- Decantación.



Comprobación de columna.

Para la correcta ejecución de los trabajos, además de una correcta supervisión de los mismos, deberemos prestar una especial atención a disponer en la obra una serie de documentos que en caso necesario, podrían solucionarnos más de un problema, como son:

- Especificaciones técnicas de los trabajos.
- Planos de ejecución que contengan toda la información necesaria (perfil terreno, número elementos, referencia, situación, orientación y tolerancias de cada elemento, posibles obstrucciones, servicios o drenajes, etc.).

- Exposición del método de trabajo.
- Informa geotécnico.
- Especificaciones de la planta de inyección.
- Descripción de los materiales que se van a utilizar.
- Informe de los ensayos preliminares.



Marcado de trabajos.

20.3 Valoración de las comprobaciones.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre la ejecución de los trabajos de jet grouting se obtengan discrepancias importantes de los datos del proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones de las diferentes tipologías constructivas en inyecciones deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE, CTE.

En cualquier caso, el director de obra valorará, en función del riesgo, si la discrepancia con los datos del proyecto es aceptable o no.

20.4 Conclusiones técnicas.

Conclusiones y Recomendaciones

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación de la ejecución de trabajos geotécnicos especiales mediante jet grouting, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y así dejar un registro de la parte inspeccionada.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución.

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

20.5 Informes y documentos derivados de la verificación.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán los Informes y documentos derivados de la evaluación de la ejecución de trabajos geotécnicos especiales mediante jet grouting, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación, de proyecto y ejecución de estructura.

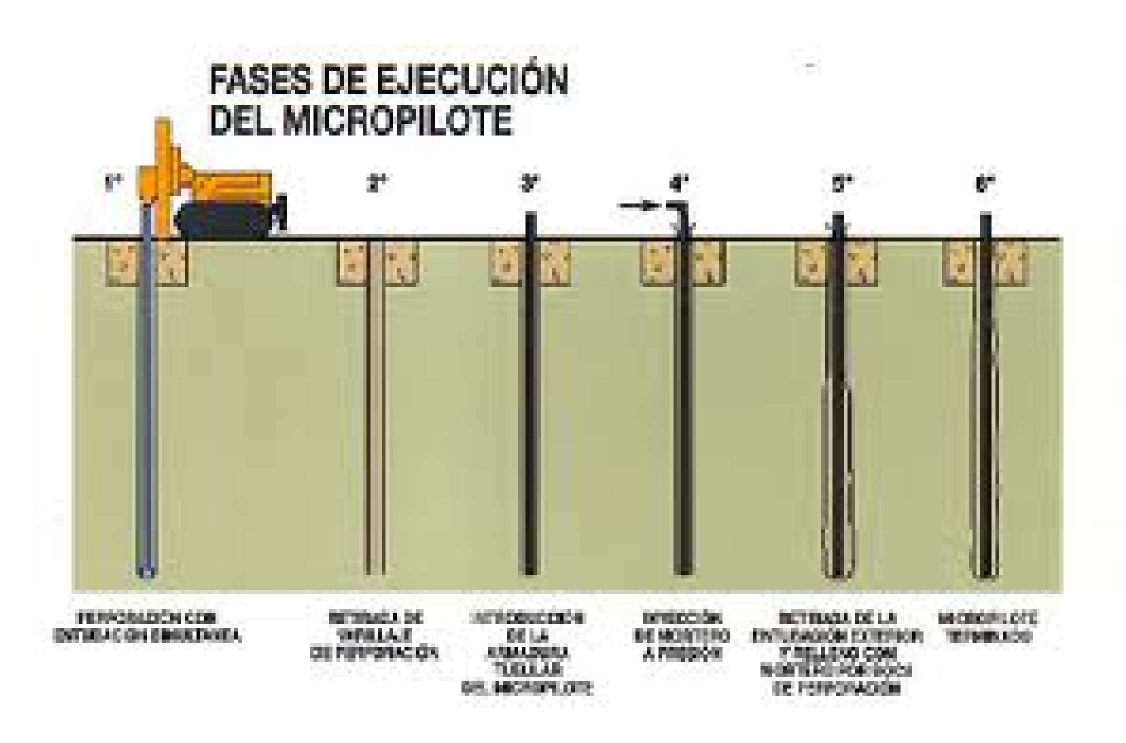
Todas las comprobaciones efectuadas, además de las conclusiones y recomendaciones quedarán reflejadas en las listas de comprobación.



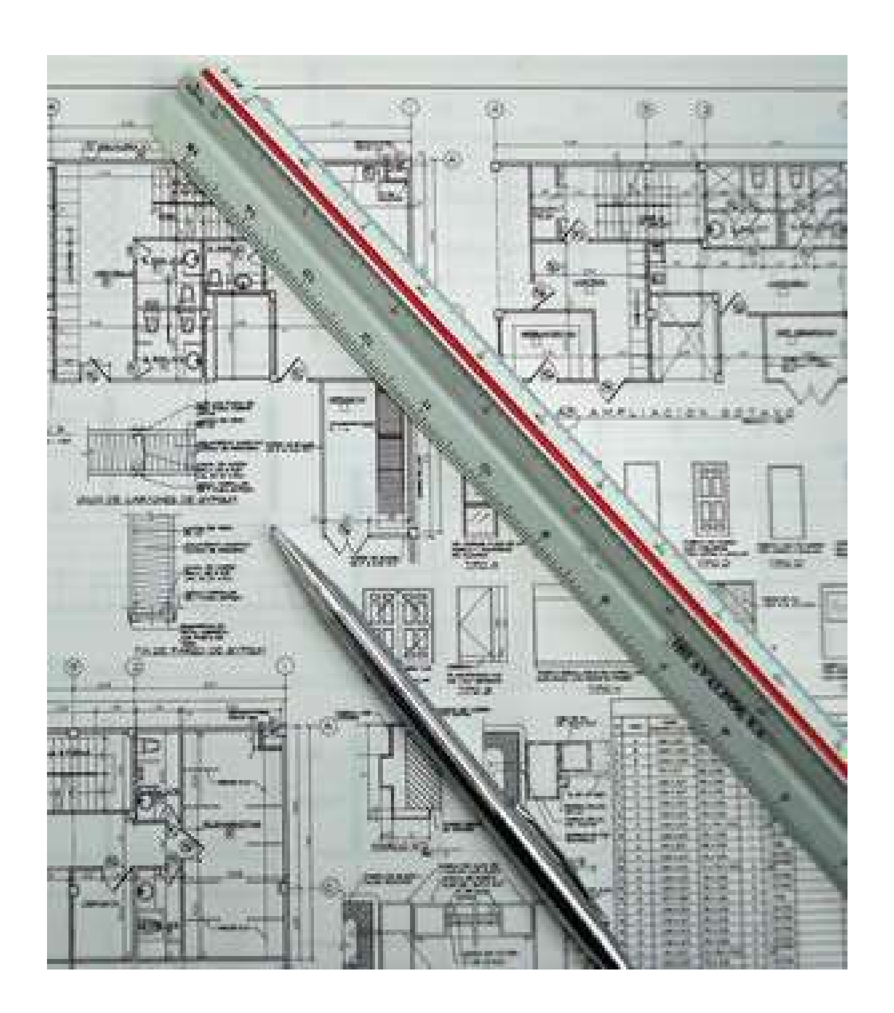


21. MICROPILOTES. FASE PROYECTO.

ÍNDICE



Micropilotes.



21.PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE PROYECTO.

21.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONTROL.

Como documentación de partida para el control del proyecto de esta unidad de obra será necesaria la siguiente documentación:

- Inspección Preliminar del Emplazamiento, del que deberán extraerse los siguientes datos:

  - Riesgos Ambientales.
  - Riesgos del terreno: Topográficos, presencia de agua, agresividad del terreno o aguas freáticas, sismicidad, especiales.
  - Riesgos por preexistentes: Descripción, estado de conservación, deterioros.
  - Riesgos por colindantes: Descripción, estado conservación, deterioros.

- Otros riesgos: Presencia o proximidad de colectores, redes de agua, depósitos de combustible, explosivos.

- Estudio Geotécnico, del que se tomarán los siguientes datos:

  - Naturaleza del subsuelo del plano de cimentación.
  - Cota de apoyo de cimentación.
  - Tensión admisible. Coeficiente de seguridad adoptado. Asientos.
  - Agresividad del medio (agua, suelo).
  - Nivel freático por encima de la cota de cimentación. Métodos de rebajamiento del nivel freático (bombeo mediante pozos, well-point, etc.)
  - Arcillas expansivas. Empleo de medidas correctoras.
  - Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.
  - Recomendaciones que puedan ser de utilidad para la revisión del Proyecto.

- Copia del Proyecto de Ejecución, con los documentos que se indican a continuación:

  - Memoria de Cálculo.
  - Planos de Cimentación.
  - Pliego de Condiciones y Estado de Mediciones y Presupuesto.

La supervisión del proyecto de la cimentación por micropilotes se realizará siguiendo la sistemática general que se define para la revisión del Proyecto de modo que se realizan las dos actividades:

- Supervisión documental de Proyecto.
- Supervisión del dimensionado.

21.2 SUPERVISIÓN DOCUMENTAL DE PROYECTO.

21.2.1 Memoria y Anejos.

En el documento Memoria de Cálculo, se presta especial atención a:

- Normativa aplicada.
- Descripción de la cimentación.
- Tensión admisible del terreno.
- Agresividad del medio (agua, suelo).
- En zona sísmica, exigencias de arriostramiento.
- Sistema y método de cálculo empleado.
- Acciones consideradas en el cálculo.
- Hipótesis de carga realizadas y coeficientes parciales de seguridad según el nivel de control establecido.
- Características resistentes de los materiales.
- Medidas de rebajamiento del nivel freático, en el caso de que esté por encima de la cota de cimentación.
- En el caso de arcillas expansivas, medidas correctoras.
- Terreno con mucha pendiente. Medidas correctoras.

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con lo determinado en la Inspección Preliminar del Emplazamiento y principalmente con el Estudio Geotécnico.

21.2.2 Planos.

En el documento Planos, se presta especial atención en los Planos de Cimentación a:

- Replanteo de la cimentación.
- Indicación de la cota del plano de cimentación y cota del nivel freático, en caso de afectar a la excavación.
- Cuadro de encepados, con indicación de la cuantía y disposición de armados en cada dirección, con indicación de las patillas necesarias, en su caso. Indicación clara de los ejes considerados para evitar errores de interpretación.
- Tensión admisible del terreno.
- Cuadro de características de materiales.
- Cuadro de longitudes de anclaje-solape en función de la calidad del hormigón y del acero.
- Cuadro de esperas de pilares.

- Detalles de planos de cimentación.

  - Plano de replanteo para la ejecución de micropilotes.
  - Espesor mínimo del hormigón de limpieza. Indicación de separadores.
  - Detalle del armado de vigas de atado y vigas centradoras. Secciones tipo.
  - Detalles de la disposición de la armadura de los micropilotes.
  - Encuentros de vigas de atado y centradoras en los elementos de cimentación.
  - Detalle de arranques de pilares.
  - Detalle de cimentaciones para juntas de dilatación en estructura, juntas en “diapasón”.
  - Detalle del foso de ascensor (en su caso), e interferencia con los cimientos.
  - Detalle del encuentro de la cimentación (vigas), con la red de albañales.
  - Detalle de conexión con la red de puesta a tierra. Ver planos de instalaciones.



Cimentación por micropilotes..

Se comprobará la concordancia de las características anteriormente expuestas con el resto de los documentos del Proyecto, principalmente con el Pliego de Condiciones y el Estado de Mediciones y Presupuesto.

La consecuencia directa de la supervisión documental del Proyecto es la solicitud mediante documento escrito de aquellas deficiencias detectadas en cuanto a la definición del Proyecto.

Para la supervisión documental de Proyecto se rellenará una lista de comprobación, de modo que se verifica en los documentos del Proyecto Memoria y Planos la existencia y adecuación de los puntos anteriores.

21.3 SUPERVISIÓN DEL DIMENSIONADO ESTRUCTURAL.

21.3.1 Metodología de análisis y muestreo.

La revisión de la unidad de obra micropilotes, se realizará en base a un mínimo de elementos.

Estos elementos se seleccionarán preferentemente de entre los más cargados, mayores dimensiones y/o cuantías de armado.

Se prestará especial atención a elementos o disposiciones constructivas singulares, así como aspectos detectados que por su naturaleza o situación puedan derivar en situaciones específicas de riesgo.

Se propone en general para esta unidad de obra un muestreo:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

21.3.2 Adecuación de acciones.

El análisis de la cimentación desde el Proyecto implica el estudio detallado de la misma en la memoria y los planos con la finalidad de encaminar el posterior proceso de cálculo mediante la identificación de los elementos más conflictivos antes de entrar en la comprobación de los cálculos.

Con respecto al análisis de las cargas en la Memoria de cálculo tiene el objeto de obtener el dato de las acciones consideradas en Proyecto de las cargas para, posteriormente hacer una superposición con el dato recogido en la NCSR-02. En concreto se recogen los valores de:

- Concargas:
  Peso propio

  Cargas permanentes
- Sobrecargas:
  Sobrecarga de uso

  Sobrecarga de tabiquería
- Nieve:
  En función de la altura topográfica se tomarán los valores de carga que correspondan
- Viento:
  Será considerado en las zonas en las que la ubicación del edificio sea expuesta
- Sismo:
  Será considerado en las zonas sísmicas

Consideraciones.

Si las acciones propuestas son iguales o inferiores a las de normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las reglamentarias.

Si las acciones propuestas son superiores a las de la normativa de obligado cumplimiento, NCSR-02, se adoptarán las consideradas en Proyecto, previa confirmación del proyectista.

- Coeficientes de mayoración y minoración, se registrarán los considerados en Proyecto.
- Determinación de esfuerzos:
  - Combinaciones de las acciones consideradas, según el Artículo 13 "Combinación de Acciones" de la EHE.
  - Características de los materiales, se registrarán los valores de resistencia característica del hormigón y del acero.

21.3.3 Adecuación a la normativa sismorresistente.

La aplicación de la norma NCSR-02 es de obligado cumplimiento en las estructuras de edificación que nos ocupan, por lo que será preceptiva su consideración en los casos en los que lo indique la norma. En caso de no aplicarse, acogiéndose al art 1.2.3. de la citada norma, se deberá justificar tal circunstancia.

En cualquier caso deberá indicarse tanto en la Memoria como en los planos, la aceleración básica, el grado de ductilidad, disposiciones constructivas, etc.

21.3.4 Determinación de Esfuerzos.

La determinación de los esfuerzos en la cimentación se hará con arreglo a los principios de la mecánica racional, complementados en caso necesario por las teorías clásicas de la resistencia de materiales y de la elasticidad.

Las simplificaciones efectuadas sobre la estructura real para transformarla en una ideal de cálculo se describirán detalladamente, incluyendo el modelo estructural, dimensiones, características mecánicas, tipos de conexiones en nudos y condiciones de sustentación (incluidas las características del terreno).

21.3.5 Cumplimiento de condiciones de seguridad de cimentación.

Una vez obtenidos los esfuerzos de cálculo, se verificará la adecuación de la cimentación proyectada, analizando las condiciones generales de estabilidad y los estados límites últimos, verificando que se cumplen los coeficientes de seguridad exigidos por la normativa vigente.

MIcropilotes.

Deberá extraerse del proyecto la siguiente información para poder realizar la ejecución de los trabajos lo más adecuadamente posible. Y poder realizar así las comprobaciones necesarias.

- Ubicación y numeración de los micropilotes, referida a planos.
- Sistema de perforación a utilizar en cada uno de los micropilotes, y sistema de sostenimiento temporal de la perforación en caso necesario.
- Diámetros de la perforación y nominal de cada micropilote.
- Inclinación prevista.
- Longitud de cada micropilote y criterios de empotramiento.
- Orden cronológico de ejecución y tiempos de espera necesarios, en su caso.
- Definición de la armadura a utilizar (indicando al menos, diámetros y características del acero), de las uniones, manguitos, centradores, conectadores y otros elementos, en su caso.
- Tiempo máximo que podrá transcurrir entre la finalización de la perforación, instalación de la armadura e inyección del micropilote.
- Características de la lechada o mortero: dosificación de la mezcla (incluyendo aditivos en su caso), resistencia a compresión simple al menos a siete y veintiocho días, densidad, viscosidad, estabilidad y tiempo de amasado.

  Estos valores se fijarán mediante la realización de ensayos de laboratorio previos y constituirán la fórmula de trabajo de la mezcla de inyección. Se fijará un límite máximo para el tiempo que puede transcurrir desde la ejecución de la mezcla hasta la finalización de la fase de inyección.
- Características de los equipos de fabricación de la lechada o mortero y sistema de dosificación a emplear.
- Definición del tipo de inyección (IU, IR, IRS), necesidad en su caso de inyección previa, número mínimo de reinyecciones y presión límite del terreno. En el caso de los tipos IR e IRS se indicarán, además, la distancia y situación de las válvulas o manguitos a instalar en la armadura tubular del micropilote y su ubicación aproximada.
- Procedimiento de inyección, que incluya volúmenes (teórico y máximo), caudales, presiones, tiempos de ejecución y criterios para dar por finalizada la fase de inyección.
- Características de los equipos de inyección y sistemas de control y registro de los parámetros de inyección: volúmenes, caudales y presiones de inyección.
- Definición de los ensayos de control a efectuar durante la fase de inyección.





- Descripción de los trabajos a llevar a cabo para la conexión con la estructura existente o encepado.
- Definición de apeos, apuntalamientos y cualquier otra medida provisional a adoptar en la estructura a recalzar y en las del entorno, en su caso.
- Ensayos de carga o pruebas «in situ» de otro tipo, que se hayan previsto.
- Cuando fuera preciso, plan de auscultación de movimientos de la estructura y de las del entorno, en su caso.
- Medidas a adoptar en caso de que durante la ejecución se produzcan imprevistos o se aprecien desviaciones importantes respecto a los parámetros previstos en proyecto, características del terreno, presión de inyección, movimientos excesivos en estructuras, etc.
- Cualquier otra circunstancia que, en función de las características concretas de la obra, deba tenerse en cuenta.



1. Mástil de perforación o guiadera.
2. Bastidor.
3. Tren de rodaje.
4. Unidad de potencia.
5. Acopio de armaduras tubulares (con rosca macho-hembra mecanizada, en este caso concreto).
6. Longitud de varillaje/armadura/entubación.
7. Gálibo vertical.
8. Varillaje/entubación.

Esquema máquina de micropilotaje.

21.3.6 Cumplimiento de condiciones de durabilidad.

Se deberá identificar tanto en la memoria como en los planos la designación del ambiente para determinar la calidad del hormigón y en el caso de agresividad del suelo y/o agua el empleo de medidas correctoras, de acuerdo con lo establecido en el apartado 8.2 de la EHE.

Además se debe indicar en Memoria y Planos los recubrimientos mínimos, adecuados al tipo de ambiente, así como cualquier otra medida a tomar durante la ejecución de la obra.

21.4 VALORACIÓN DE LAS COMPROBACIONES.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre el proyecto de cimentación se obtengan discrepancias importantes con los valores de las cargas en cimentación o esfuerzos considerados en el proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones del dimensionamiento de los elementos de cimentación, (hundimiento, vuelco, estados límites últimos de flexión, cortante, punzonamiento, longitud de anclaje, etc..), los coeficientes de seguridad obtenidos deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE.

Sin embargo las posibles diferencias en los métodos de cálculo y simplificaciones habituales pueden llevar a obtener en la comprobación valores ligeramente inferiores del coeficiente de seguridad a los obtenidos en el diseño y dimensionamiento. En este caso, el director de obra valorará, en función del riesgo, si la baja del coeficiente de seguridad respecto del valor fijado por la normativa es aceptable o no.

Frente a estados límites últimos de flexión y flexocompresión el límite máximo aceptable sería del 10%, mientras que para e.l.u. susceptibles de producir una rotura frágil, (p.ej. punzonamiento), no parece prudente aceptar valores inferiores a un 5% al fijado por la normativa.

21.5 CONCLUSIONES TÉCNICAS.

Conclusiones y Recomendaciones.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación del proyecto de cimentación mediante micropilotes**,** para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y de proyecto y ejecución de estructura.

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica del Riesgo de la cimentación.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución.

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de revisión del proyecto de estructura y de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

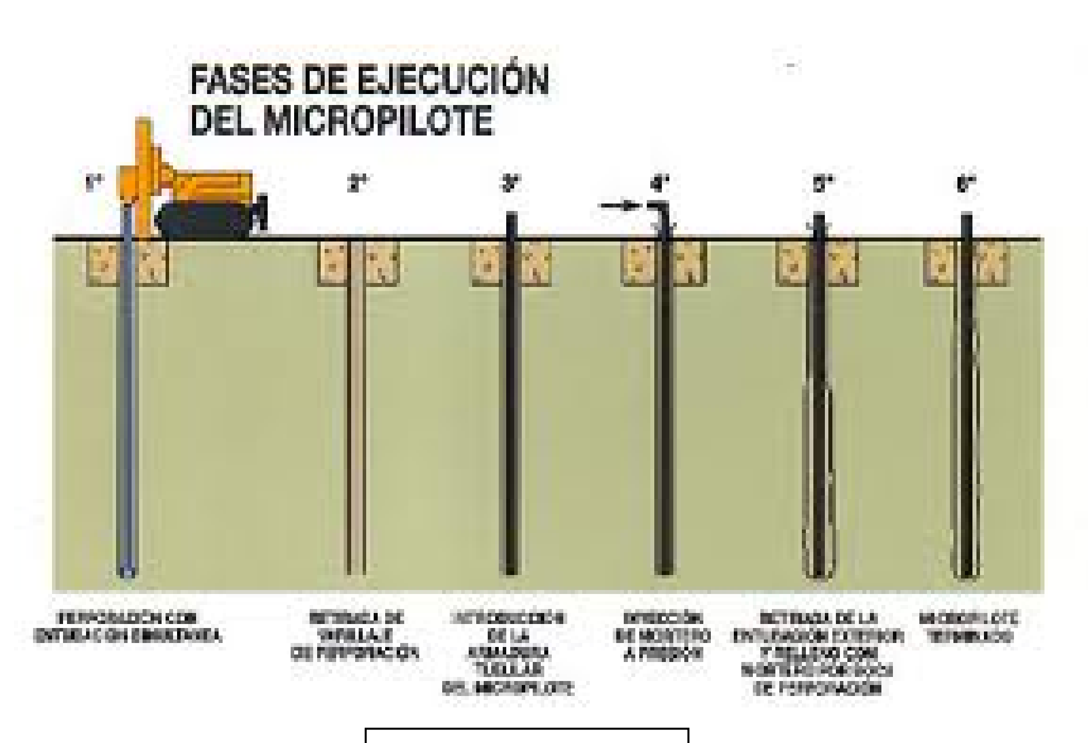
Todas las comprobaciones efectuadas, además de las conclusiones y recomendaciones quedarán reflejadas en las listas de comprobación.





22. MICROPILOTES. FASE EJECUCIÓN.

ÍNDICE



Micropilotaje.

22. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

22.1 Descripción del proceso de verificación.

El Programa de Control de Ejecución aprobado por la Dirección Facultativa deberá haber identificado para la ejecución de obra, la obra terminada y sus instalaciones, entre otros los siguientes aspectos, como metodología de control:

a. Niveles de control para los factores de ponderación considerados
b. Lotes de ejecución (y de obra e instalaciones terminadas)
c. Unidades de inspección
d. Frecuencias de comprobación
e. Pruebas de servicio sobre obra terminada y sus instalaciones, o en fases de su ejecución (pruebas parciales o finales).

22.1.1 Programación

La programación del control de calidad de ejecución de la obra debe adecuarse a las particulares circunstancias del edificio y de su entorno, como de la propia obra, considerando unos posibles factores de ponderación que pueden venir a modificar dicha programación, tanto en lo relativo a la recepción de productos y equipos, como a la ejecución de la obra y la obra terminada.

Actualmente, son de aplicación niveles de control por exigencia de la EHE vigente, en los materiales y en la ejecución; distintos niveles de control, por exigencias del Libro de Control de Calidad en Obras de Edificación de Viviendas (LC-91), para distintos factores de riesgo (dimensional, estructural, sísmico, geotécnico, medio ambiental, etc.).

Por otras causas, también puede ser modificado (simplificado) el control de recepción en obra de productos y equipos, si éstos ostentan un distintivo de calidad oficialmente reconocido (certificación voluntaria). En cuanto al control de ejecución, si el contratista dispone de un plan de aseguramiento de la calidad específico para la obra o, en el mejor de los casos, si su actividad está certificada mediante un distintivo de calidad oficialmente reconocido, esto puede dar lugar a que se aplique una disminución del control de ejecución (externo) por la Dirección Facultativa.

22.2 Metodología de análisis y muestreo

22.2.1 Lotes de ejecución

Se dividirá la obra o instalación en partes o lotes de ejecución, coherentes con el desarrollo previsto en el Plan de Obra (del contratista), para la ejecución de cada uno de ellos. Para ello, los lotes de ejecución se definirán e identificarán aplicando los siguientes criterios:

- Se corresponderán con partes sucesivas en el proceso de ejecución de la obra. (Plan de Obra)

- Agruparán elementos de tipología semejante, en su caso.

- Se dimensionarán teniendo en cuenta que un lote de ejecución es una parte de la obra o de una instalación, cuya ejecución es posible someter a aceptación en su conjunto (recepción por la D.F.).

Es conveniente que la identificación de los lotes de ejecución se efectúe también mediante una documentación gráfica.

Siendo para los lotes de control de la resistencia para hormigones, en función de sus solicitaciones, las siguientes restricciones:

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	100 m^3
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m^2	1.000 m^2	—
Número de plantas	2	2	—

Cuando un lote esté constituido por amasadas de hormigones en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, podrá aumentarse su tamaño multiplicando los valores de la tabla 86.5.4.1 por cinco o por dos, en función de que el nivel de garantía para el que se ha efectuado el reconocimiento sea conforme con el apartado 5.1 o con el apartado 6 del Anejo nº 19, respectivamente. En estos casos de tamaño ampliado del lote, el número mínimo de lotes será de tres correspondiendo, si es posible, cada lote a elementos incluidos en cada columna de la Tabla 86.5.4.1. En ningún caso, un lote podrá estar formado por amasadas suministradas a la obra durante un período de tiempo superior a seis semanas.

22.2.2 Definición de procesos

Definido cada lote de ejecución, se identificará la totalidad de los procesos y actividades susceptibles de ser comprobados en cada lote, por la Dirección Facultativa. Constituye una unidad de inspección la dimensión o tamaño máximo de un proceso o actividad comprobable (en general) en una visita de inspección a la obra. Así, en función de los desarrollos de procesos y actividades previstas en el Plan de Obra, en cada inspección a la obra de la Dirección Facultativa podrá comprobarse solo un determinado número de unidades de inspección, las cuales, pueden corresponder a uno o más lotes de ejecución.

Con los anteriores criterios se definirá el tamaño máximo o dimensión de cada unidad de inspección, según el tipo de obra.

Para esto, se pueden confeccionar listados de control asociados, como apoyo al procedimiento de verificación de los procesos y actividades de la obra y sus instalaciones.

22.2.3 Frecuencias

Para cada proceso o actividad incluida en un lote de ejecución, la Dirección Facultativa procederá a su control externo mediante un número mínimo de comprobaciones, es decir, establecerá las frecuencias de comprobación en función de los niveles de control para los factores de ponderación considerados en el Programa de Control de Ejecución y aquellos otros ordenados por la Dirección Facultativa.

Control a nivel intenso: Este nivel de control, además del control externo, exige que el Constructor posea un sistema de calidad propio, auditado de

forma externa, y que la elaboración de la ferralla y los elementos prefabricados, en caso de existir, se realicen en instalaciones industriales fijas y con un sistema de certificación voluntario.

Si no se dan estas condiciones, la Dirección de Obra deberá exigir al Constructor unos procedimientos específicos para la realización de, al menos, tres inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Para este nivel de control, externo, se exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel normal: Este nivel de control externo es de aplicación general y exige la realización de, al menos, dos inspecciones por cada lote en los que se ha dividido la obra.

Control a nivel reducido: Este nivel de control externo es aplicable cuando no existe un seguimiento continuo y reiterativo de la obra y exige la realización de, al menos, una inspección por cada lote en los que se ha dividido la obra.

22.2.4 Pruebas finales

Antes de la puesta en servicio del edificio se debe comprobar que:

a) La cimentación se comporta en la forma prevista en el proyecto;
b) No se aprecia que se estén superando las cargas admisibles;
c) Los asientos se ajustan a lo previsto, si, en casos especiales, así lo exige el proyecto o el Director de Obra;
d) No se han plantado árboles, cuyas raíces puedan originar cambios de humedad en el terreno de cimentación, o creado zonas verdes cuyo drenaje no esté previsto en el proyecto, sobre todo en terrenos expansivos.

Si bien es recomendable controlar los movimientos del terreno para cualquier tipo de construcción, en edificios de tipo C-3 y C-4 será obligado el establecimiento de un sistema de nivelación para controlar el asiento de las zonas más características de la obra, en las siguientes condiciones:

e) El punto de referencia debe estar protegido de cualquier eventual perturbación, de forma que pueda considerarse como inmóvil, durante todo el periodo de observación;
f) El número de pilares a nivelar no será inferior al 10% del total de la edificación. En el caso de que la superestructura se apoye sobre muros,

se preverá un punto de observación cada 20 m de longitud, como mínimo. En cualquier caso el número mínimo de referencias de nivelación será de 4. La precisión de la nivelación será de 0,1 mm;

g) La cadencia de lecturas será la adecuada para advertir cualquier anomalía en el comportamiento de la cimentación. Es recomendable efectuarlas al completarse el 50% de la estructura al final de la misma, y al terminar la tabiquería de cada dos plantas de la edificación;
h) El resultado final de las observaciones se incorporará a la documentación de la obra.

En caso de tener que efectuar pruebas de servicio conforme al Programa de Control de Ejecución o bien por orden de la Dirección Facultativa para aceptación de un lote de ejecución o de obra terminada, éstas podrán ser realizadas por un laboratorio de control acreditado. Conocido el resultado de las pruebas se comprobará si estas son, o no, conformes con las condiciones de aceptación del proyecto (Plan de Control, Pliego de Condiciones). La Dirección Facultativa procederá a la aceptación o al rechazo del lote de ejecución.

22.2.5 Supervisión de la ejecución de la obra.

22.2.5.1 Generalidades:

Durante el período de ejecución se tomarán las precauciones oportunas para asegurar la conservación en buen estado de las cimentaciones.

En el caso de presencia de aguas ácidas, salinas, o de agresividad potencial se tomarán las oportunas medidas. No se permitirá la presencia de sobrecargas cercanas a las cimentaciones, si no se han tenido en cuenta en el proyecto. En todo momento se debe vigilar la presencia de vías de agua, por el posible descarnamiento que puedan dar lugar bajo las cimentaciones. En el caso en que se construyan edificaciones próximas, deben tomarse las oportunas medidas que permitan garantizar el mantenimiento intacto del terreno y de sus propiedades tenso-deformacionales.

La observación de asientos excesivos puede ser una advertencia del mal estado de las cimentaciones (ataques de aguas selenitosas, desmoronamiento por socavación, etc.); de la parte enterrada de pilares y muros o de las redes de agua potable y de saneamiento. En tales casos debe procederse a la

observación de la cimentación y del terreno circundante, de la parte enterrada de los elementos resistentes verticales y de las redes de agua potable y saneamiento, de forma que se pueda conocer la causa del fenómeno.

En edificación cimentada de forma directa no se harán obras nuevas sobre la cimentación que pueda poner en peligro su seguridad, tales como:

a) Perforaciones que reduzcan su capacidad resistente;
b) Pilares u otro tipo de cargaderos que trasmitan cargas importantes;
c) Excavaciones importantes en sus proximidades u otras obras que pongan en peligro su estabilidad.

Cualquier modificación de las prescripciones anteriores debe ser autorizada por el Director de Obra e incluida en el proyecto.

22.2.5.2 Comprobaciones a realizar sobre el terreno de cimentación.

Antes de proceder a la ejecución de la cimentación se realizará la confirmación del estudio geotécnico. Se comprobará visualmente, o mediante las pruebas que se juzguen oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con las previsiones del proyecto. El resultado de tal inspección, definiendo la profundidad de la cimentación de cada uno de los apoyos de la obra, su forma y dimensiones, y el tipo y consistencia del terreno se incorporará a la documentación final de obra. Estos planos quedarán incorporados a la documentación de la obra acabada.

En particular se debe comprobar que:

a) El nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y apreciablemente la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico;
b) El nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas;
c) El terreno presenta apreciablemente una resistencia y humedad similar a la supuesta en el estudio geotécnico;
d) No se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc.;

e) No se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres;

22.2.5.3 Comprobaciones a realizar sobre los materiales de construcción

Se comprobará que:

a) Los materiales disponibles se ajustan a lo establecido en el proyecto de edificación y son idóneos para la construcción;
b) Las resistencias son las indicadas en el proyecto.

22.2.5.4 Comprobaciones durante la ejecución

Se dedicará especial atención a comprobar que:

a) El replanteo es correcto;
b) Se han observado las dimensiones y orientaciones proyectadas;
c) Se están empleando los materiales objeto de los controles ya mencionados;
d) La compactación o colocación de los materiales asegura las resistencias del proyecto;
e) Los encofrados están correctamente colocados, y son de los materiales previstos en el proyecto;
f) Las armaduras son del tipo, número y longitud fijados en el proyecto;
g) Las armaduras de espera de pilares u otros elementos se encuentran correctamente situadas y tienen la longitud prevista en el proyecto;
h) Los recubrimientos son los exigidos en proyecto;
i) Los dispositivos de anclaje de las armaduras son los previstos en el proyecto;
j) El espesor del hormigón de limpieza es adecuado;
k) La colocación y vibración del hormigón son las correctas;
l) Se está cuidando que la ejecución de nuevos trabajos no altere el estado de lo ya realizado.
m) Las vigas de atado y centradoras así como sus armaduras están correctamente situadas;
n) Los agotamientos entran dentro de lo previsto y se ajustan a las especificaciones del estudio geotécnico para evitar sifonamientos o daños a estructuras vecinas;

o) Las juntas corresponden con las previstas en el proyecto;
p) Las impermeabilizaciones previstas en el proyecto se están ejecutando correctamente.

Micropilotes.

Durante el proceso de ejecución de los micropilotes, deben efectuarse los siguientes controles:

Replanteo del Micropilote.

Se verificará que el replanteo del micropilote se realice de acuerdo a los planos de proyecto.

Deberá comprobarse:

- Replanteo de los ejes.
- Aplomado,
- Nivel de la cabeza del micropilote.

Inspecciones de la Perforación.

Debe realizarse un control para conocer el diámetro de la perforación. Tener los datos sobre disposición de los micropilotes por cada grupo y la profundidad de la perforación de cada micropilote.

Montaje y Disposición de Armaduras Interior y Camisa.

Conviene realizar una inspección por cada 3 grupos de micropilotes controlando la longitud y el diámetro de la armadura.

Inyección de Cemento.

Controlar la calidad y consistencia de la lechada de cemento.

Cota Superior del Micropilote Después de Descabezado.

Debe comprobarse:

- Desviación en el nivel de la cara superior del micropilote ya descabezado: + ó - 150 mm + 30 mm.
- Desviación del diámetro de la sección del micropilote : + 0,1 d < 100 mm - 20 mm

Ensayos.

- Lechada o mortero para inyección: Realizar el control correspondiente sobre los materiales empleados (agua y cemento), su dosificación y su resistencia mediante toma de probetas, de acuerdo a lotes planificados.

- Acero armadura tubular: Deben exigirse los certificados de calidad y procedencia de las camisas y armaduras interiores.

22.3 Valoración de las comprobaciones.

En caso de que de las comprobaciones efectuadas sobre la ejecución de los micropilotes se obtengan discrepancias importantes de los datos del proyecto deberán solicitarse las aclaraciones oportunas mediante la correspondiente notificación para evitar modelizaciones o valoraciones inadecuadas.

Respecto de la valoración de las comprobaciones de las diferentes tipologías constructivas en micropilotes deberán cumplir con los criterios de la normativa vigente, EHE, CTE.

COMPROBACIONES REFERENTES A LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA PERFORACIÓN DEL MICROPILOTE.

Las perforaciones se efectuarán respetando las posiciones, diámetros, longitudes e inclinaciones, indicadas en los planos del proyecto.
El diámetro del taladro debe garantizar el recubrimiento mínimo de la armadura tubular a lo largo de todo el micropilote.

Salvo justificación expresa en otro sentido, el equipo de perforación deberá realizar los taladros con las siguientes tolerancias:

- La **posición** del eje de la boca de la perforación no deberá estar desplazado más de 50 mm respecto de su posición teórica. Esta verificación (comprobación del replanteo) se efectuará en todos y cada uno de los taladros.
- Respecto al **diámetro nominal** del micropilote previsto en el proyecto, su posible reducción, fundamentalmente debida al desgaste de los útiles de perforación, deberá ser inferior o igual a dos milímetros. Se verificará cada vez que se cambie el útil de perforación o cuando se observe un desgaste apreciable y en todo caso, en al menos un 5% de los micropilotes que se ejecuten.

- La **longitud** de la perforación no debe diferir en más de veinte centímetros de la indicada en el proyecto. Esta verificación se efectuará en al menos un 20% de los taladros, con un mínimo de tres unidades por tajo.
- Respecto a la **inclinación** del taladro, no se deberá desviar más de dos grados sexagesimales respecto de la teórica. Se efectuará en al menos un 5% de los taladros, con un mínimo de tres unidades por tajo.



Perforación micropilote..

COMPROBACIONES REFERENTES AL SISTEMA DE PERFORACIÓN ELEGIDO.

Se deberá escoger un sistema de perforación que afecte lo menos que sea posible al terreno y a las estructuras a recalzar, en su caso.
Según cuál sea la consistencia del terreno y su posible riesgo de colapso frente al agua, se determinará si la perforación se debe efectuar al amparo de entubación metálica, recuperable o no, o simplemente de los fluidos más adecuados en cada circunstancia. Si los trabajos forman parte de obras de recalce, o en el caso de suelos susceptibles al agua, resulta fundamental el empleo de aire en lugar de agua.
Los fluidos de perforación no serán nocivos ni para los materiales constituyentes de la inyección, ni para la armadura del micropilote, debiendo

cumplir en todo caso la normativa vigente en materia medioambiental y de seguridad y salud.
En el caso de terrenos blandos, cársticos, colapsables, etc., será necesario el empleo de entubaciones provisionales. Normalmente se usará la entubación perdida en zonas de huecos o cavernas.

Los sistemas de perforación a utilizar serán:

- Perforación a **rotación:** consiste en provocar la rotura del terreno, o los materiales a perforar (en el caso de cimentaciones preexistentes), por la fricción generada en la rotación del útil de perforación.
  Resulta especialmente recomendable para atravesar cimentaciones antiguas al provocar, en general, menores vibraciones que la rotopercusión.
  En general se efectúa con la batería usual de sondeos, con barrenas helicoidales o tricono.

- Perforación a **rotopercusión:** consiste en provocar la trituración de los materiales a perforar, por fricción y percusión de manera conjunta. Se emplean para ello, martillos de fondo o en cabeza.
  La maquinaria de perforación, debe contar con sistemas de recuperación de polvo cuando se trabaje en seco y especialmente cuando se haga en roca.
  El proceso de perforación deberá efectuarse de forma que cualquier variación significativa de las características del terreno, respecto a lo previsto en el proyecto, sea detectada inmediatamente, debiendo reflejarse en el correspondiente parte de trabajo.

Las perforaciones deberán ejecutarse de conformidad con lo especificado en el proyecto, y en todo caso, según lo indicado en el protocolo de ejecución.
Se deberán prever con antelación las técnicas necesarias para contrarrestar la presión del agua y los posibles desmoronamientos de los taladros, tanto durante la propia perforación como durante la colocación de la armadura y la realización de la inyección.
En concreto, se adoptarán precauciones especiales al atravesar niveles freáticos para evitar la salida de agua con arrastres de terreno. Se podrán emplear varios sistemas: inyección de la zona hasta conseguir taponar la afluencia de agua, y reperforación posterior; entubación perdida desde la superficie hasta la cota inferior; elevación de la plataforma de trabajo para contrarrestar la presión; sistema de cierre en la boca de taladro, etc.

COMPROBACIONES REFERENTES EN LA EJECUCIÓN DE RECALCES.

Cuando los micropilotes se utilicen como recalce de estructuras preexistentes se deberá proceder, como mínimo durante la fase de perforación, al control de los movimientos de la propia estructura a recalzar y de aquellas otras, próximas a la zona de trabajo, que pudieran verse afectadas.

Salvo especificación expresa en contra, el proyecto deberá incluir un plan de auscultación que contemple dichos aspectos, así como aquellos otros que se consideren de interés. El plan deberá contemplar la medición de asientos o levantamientos por un periodo de tiempo mínimo a definir en el mismo.

El proyecto deberá incluir una estimación de los movimientos esperables en las estructuras aledañas debidos a la ejecución de los micropilotes. El control de movimientos se realizará mediante nivelación de precisión, con referencias en puntos prefijados de las estructuras y bases fuera de la zona susceptible de afección.

En el proyecto, y en todo caso en el protocolo de ejecución, deberán definirse los apuntalamientos, apeos o cualquier otra medida provisional necesaria tanto en las propias estructuras a recalzar, como en aquellas otras más próximas que pudieran verse afectadas.

Del mismo modo, deberá definirse el sistema de perforación (preferiblemente con aire), la secuencia constructiva a seguir en la ejecución de los micropilotes, especificando de modo expreso el orden de ejecución y los tiempos de espera a observar.

En general, no se perforarán dos micropilotes adyacentes de forma consecutiva; así, en zapatas corridas o vigas de arriostramiento, se dejarán al menos dos micropilotes intermedios mientras ello sea posible y en zapatas aisladas deberá transcurrir un mínimo de veinticuatro horas entre la ejecución de cada dos micropilotes consecutivos en el mismo cimiento.

COMPROBACIONES REFERENTES A LAS ARMADURAS.

Después de finalizar la perforación del taladro deberá procederse, a la mayor brevedad posible, a la colocación de la armadura.
Previamente a la colocación de la armadura tubular se comprobará que toda la longitud del taladro se encuentra libre de obstáculos y limpia de incrustantes o de cualquier posible material o cuerpo extraño. Asimismo se comprobará el estado de las uniones de las armaduras tubulares.
La colocación de la armadura se efectuará sin alterar la posición de ninguno de sus elementos (centradores, manguitos, etc.).
Se empleará el número de centradores necesario para garantizar la correcta colocación de la armadura y asegurar el recubrimiento mínimo frente a la corrosión, disponiéndose de modo tal, que no impidan el correcto proceso de inyección del micropilote y sean solidarios a la armadura tubular. Salvo justificación expresa en otro sentido, se colocarán al menos cada tres metros de longitud de la armadura. En cualquier caso, e independientemente de la longitud del micropilote, el número mínimo de secciones transversales en que se instalen centradores será de dos.

En caso de utilizarse, además de la armadura tubular, barras de acero corrugadas, será necesario disponer elementos que las centren o mantengan en la posición adecuada.
Se recomienda que la armadura tubular quede a una distancia mínima de diez centímetros del fondo del taladro.

A los efectos del control del suministro de los productos de acero para armadura tubular, se denomina partida al material que cumpla simultáneamente las siguientes condiciones:

- Que corresponda al mismo tipo de perfil hueco.
- Que corresponda al mismo tipo y grado de acero.
- Que proceda de un mismo fabricante.
- Que haya sido suministrado de una vez.

No podrán utilizarse productos de acero como armadura tubular que no adjunten la documentación indicada a continuación:

A la entrega de cada suministro se aportará un albarán con documentación anexa, conteniendo, entre otros, los siguientes datos:

Nombre y dirección de la empresa suministradora.
Fecha de suministro.
Identificación del vehículo que lo transporta.

Y además, el número de partidas que componen el suministro, identificando, para cada partida, al fabricante y su contenido (peso, número de perfiles, tipo y grado de acero del material base de partida).

Además, cada partida deberá llegar acompañada de la siguiente documentación:

• Certificado del fabricante, firmado por persona física, en el que se indiquen los valores de las diferentes características especificadas en la norma UNE EN 10210 ó UNE EN 10219, según corresponda.

• Resultados de los ensayos que justifiquen que los productos de acero cumplen las características anteriormente citadas.

Una vez comprobada la documentación que debe acompañar al suministro, se debe proceder a comprobar el correcto marcado de los perfiles o paquetes de perfiles, que debe incluir la designación abreviada de la norma que corresponda, el tipo y grado de acero y el nombre o las siglas del fabricante.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto incluirá los criterios para llevar a cabo el control de los acopios.

COMPROBACIONES REFERENTES A LA INYECCIÓN.

Después de efectuar la perforación del taladro y la colocación de la armadura, deberá procederse, a la mayor brevedad posible, a la inyección del micropilote.

La inyección del micropilote, con lechada o mortero de cemento, tiene los siguientes objetivos fundamentales:

- Constituir el fuste y la punta del micropilote propiamente dichos, materializando tanto el contacto con las paredes de la perforación como el relleno interior de la armadura tubular.
- Proteger a la armadura de la corrosión.

Los parámetros de inyección (presión, caudal, etc.) deben definirse en el proyecto, y en todo caso en el protocolo de ejecución, y reflejarse en los correspondientes partes de trabajo.

El tiempo transcurrido entre la perforación, instalación de la armadura e inyección habrá de ser el menor posible, debiéndose establecer de forma expresa en el proyecto y en todo caso en el protocolo de ejecución, según las características del terreno y de las obras a realizar. Se recomienda que en ningún caso este tiempo sea superior a veinticuatro horas.

El volumen máximo de inyección es la cantidad máxima de lechada o mortero que es previsible que sea necesario inyectar para la ejecución de un micropilote. Es función de las características del terreno y del tipo de inyección.

Se efectuarán controles para verificar la idoneidad, tanto de la fabricación de la mezcla como del proceso de inyección.

En el proyecto o en el protocolo de ejecución, se dividirá la obra en lotes de control y se fijará el número de muestras y ensayos a llevar a cabo por cada lote, atendiendo a las características de la obra, la función de los micropilotes, el carácter temporal o permanente de los mismos, etc., incluyendo como mínimo los siguientes:

- Se llevarán cabo con frecuencia diaria, al menos los siguientes controles:
    - Tiempo de amasado.
    - Relación agua/cemento (a/c).
    - Cantidad de aditivo utilizado.
    - Viscosidad con el cono Marsh.
    - Densidad aparente de la lechada con una balanza de lodos, inmediatamente antes de la inyección.

- Al menos dos veces por semana se efectuará una toma de muestras para realizar los siguientes ensayos:
    - De resistencia a compresión de la lechada o mortero, mediante la rotura de tres probetas a veintiocho días.
    - De exudación y reducción de volumen.

Se comprobará que los valores de los parámetros controlados coinciden con los establecidos en el proyecto y en el protocolo de ejecución.



Micropilotes.

COMPROBACIONES REFERENTES A LA CONEXIÓN CON LA ESTRUCTURA.

Una vez efectuada la inyección del micropilote, se deberá proceder a la conexión de éste con la estructura, o con el resto de los micropilotes mediante un encepado o viga de atado.

En el caso de recalces en que la unión entre la estructura a recalzar y los micropilotes se realice de una forma directa, es decir que la propia cimentación existente haga las veces de encepado, se recomienda observar las siguientes cuestiones básicas:

- Antes de la ejecución del micropilote se debe perforar el cimiento preexistente mediante un taladro pasante.
- Posteriormente se debe ejecutar el micropilote.
- En la última fase se debe eliminar la lechada o mortero de la zona en que el micropilote atraviese el antiguo cimiento (mediante chorro de arena a presión preferiblemente), y rellenarse con lechada o mortero sin retracción para garantizar el contacto efectivo entre las diferentes superficies. Si se produjera decantación en esta última inyección, debería procederse a su relleno hasta compensar ésta.

Cuando se construyan nuevos encepados o elementos de unión, se debe limpiar de lechada o mortero la zona de armadura tubular que vaya a quedar en contacto con el hormigón armado, en los encepados o vigas de atado. Se deben colocar, asimismo, en el tramo limpio de la armadura tubular, los conectadores previstos en el proyecto, efectuándose las conexiones con sujeción a lo especificado en el mismo.



Encepado de micropilotes..

En cualquier caso, el director de obra valorará, en función del riesgo, si la discrepancia con los datos del proyecto es aceptable o no.

22.4 Conclusiones técnicas.

Conclusiones y Recomendaciones

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán las ***Conclusiones*** derivadas de la evaluación de la ejecución de trabajos geotécnicos especiales mediante micropilotes, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación y así dejar un registro de la parte inspeccionada.

Si existen elementos de riesgos especiales, se detallarán aquellas situaciones singulares a tener en cuenta en los posteriores procesos de Revisión del Proyecto y Control de Ejecución.

Por último, en el apartado ***Recomendaciones*** se darán indicaciones encaminadas a facilitar los trabajos de inspección de la ejecución de la cimentación adoptada.

22.5 Informes y documentos derivados de la verificación.

Una vez verificados los puntos anteriores, se redactarán los Informes y documentos derivados de la evaluación de la ejecución de trabajos geotécnicos especiales mediante micropilotes, para facilitar los trabajos de control de ejecución de la cimentación, de proyecto y ejecución de estructura.

Todas las comprobaciones efectuadas, además de las conclusiones y recomendaciones quedarán reflejadas en las listas de comprobación.

8.2. INSTRUCCIÓN.

En este apartado se van a tratar aquellos temas, que no siendo estrictamente parte de este trabajo, sí que aparecen nombrados varias veces y son parte de los trabajos necesarios para las diferentes ejecuciones de cada uno de los sistemas constructivos anteriormente estudiados.

Probablemente en alguno de los apartados anteriores se ha podido estudiar de una forma ligera alguno de los puntos. Ahora intentaremos, no ya profundizar, sino más bien dotar de un poco de forma más concreta a cada uno de ellos.

No vamos a estudiar todos los detalles necesarios para no necesitar consultar las normativas vigentes y los diferentes trabajos ya efectuados, pues no es ese el propósito de este punto.

Se trata de no obviar determinados temas, que siendo muy evidentes en si mismos, en un momento determinado podría no dársele la importancia que tienen.

1. Agua. Nivel freático.
2. Refuerzos y mejora del terreno.
3. Movimiento de tierras.
4. Tipologías de suelos para elección de cimentaciones.
5. Revisión estudio geotécnico.
6. Hormigonado y encofrado.

1. AGUA. NIVEL FREÁTICO.

Los métodos disponibles para el control del agua freática en excavaciones pertenecen a cuatro grupos básicos:

- Los que impiden la entrada del agua superficial en las excavaciones: zanjas impermeabilizantes, muros y motas de tierra de pequeña altura.
- Los que permiten la penetración del agua en la excavación precisando por consiguiente un sistema de achique por bombeo a través de zanjas y pocetas.
- Aquéllos en que el suelo es predrenado rebajando el nivel freático por fuera del límite de la excavación mediante pozos o wellpoints, por ejemplo.
- Los que impiden la entrada lateral del agua en la excavación por medio de algún tipo de barrera impermeabilizante: muros pantalla, tablestacas, pantallas de bentonita-cemento. Estas barreras deben complementarse con algún método de extracción y control del agua existente y de la surgente por el fondo. En función del área a excavar, de la profundidad de la excavación bajo el nivel freático y de la longitud de las pantallas, los medios precisos para este achique son muy variados: desde pocetas superficiales hasta pozos profundos.

El método, o la combinación de ellos elegido, depende de la superficie y profundidad de la excavación, de las características del terreno y de la posibilidad de realizar una excavación taluzada.

A continuación describiremos los métodos de control y rebajamiento del nivel freático más usuales en edificación, detallando en cada caso los suelos en que son aplicables, sus aplicaciones más usuales, sus ventajas y sus inconvenientes.

MÉTODOS DE CONTROL Y REBAJAMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO.

1. CONTROL DEL AGUA SUPERFICIAL.

Este método consiste básicamente en la realización de zanjas, muros de encauzamiento y terraplenes.

Su uso se limita a las excavaciones abiertas y es aplicable inicialmente a todos los tipos de terreno. En algunas ocasiones, deberá utilizarse una lámina impermeable como ayuda.

Ventajas:

La sencillez para conseguir alejar el agua superficial.

Inconvenientes:

Estos trabajos pueden dificultar o incluso impedir el tráfico de la obra.

2. CONTROL TEMPORAL DEL AGUA FREÁTICA

En este caso se pueden definir varias soluciones:

- **Mediante bombeo desde el interior de la excavación.**

- Realizando un bombeo desde pocetas o sumideros podemos trabajar en excavaciones abiertas que necesiten un rebaje del nivel freático de pequeña altura, sobre terrenos compuestos por gravas limpias o arenas gruesas.

  Ventajas:

  El equipo de bombeo necesario es muy sencillo

  Inconvenientes:

  Los trabajos pueden provocar el arrastre de partículas finas y con ello la inestabilidad de la excavación.

- Utilizando drenaje por gravedad podemos trabajar muy bien en excavaciones abiertas en laderas y sobre suelos impermeables.

Ventajas:

El equipo de bombeo necesario es muy sencillo

- **Por rebajamiento del nivel freático.**

- El uso de lanzas de drenaje (wellpoints) con bombas de succión lo podemos realizar en excavaciones abiertas o incluso en excavaciones progresivas de zanjas, siendo el terreno de gravas arenosas a arenas finas. Con mucho control lo podríamos utilizar sobre arenas limosas.

  Ventajas:

  Facilidad y rapidez de instalación.

  Los bombeos (de corta duración) son muy económicos.

  Inconvenientes:

  Dificultad de instalación en gravas de estructura muy abierta o en presencia de bolos o bloques.

  La necesidad de bombear 24 horas diarias puede ser un problema en áreas urbanas.

  La altura de bombeo por succión está limitada de 4 a 5,5 metros, dependiendo del tipo de suelo, si se quiere un rebajamiento de mayor altura, es preciso recurrir a banqueos sucesivos.

- Los pozos cortos con bombas de succión son los más apropiados para las instalaciones donde deba bombearse durante meses y para los trabajos sobre suelos limosos donde sea muy importante la utilización de un buen filtro. Este método es aplicable sobre terrenos compuestos desde gravas arenosas a arenas finas limosas incluyendo las rocas permeables. Es muy aconsejable su uso para suelos de una gran permeabilidad.

  Ventajas:

  Más económico que las lanzas de drenaje.

  El arrastre de finos en suelos limosos es más controlable.

Inconvenientes:

Instalación costosa.

La necesidad de bombear 24 horas diarias puede ser un problema en áreas urbanas.

La altura de bombeo por succión está limitada de 4 a 5,5 metros, dependiendo del tipo de suelo, si se quiere un rebajamiento de mayor altura, es preciso recurrir a banqueos sucesivos.

- Realizando pozos filtrantes profundos con la colocación de bombas sumergidas en excavaciones profundas sobre terrenos de gravas a arenas finas limosas, incluso en rocas permeables.

Ventajas:

No tiene las limitaciones del bombeo por succión en la altura del rebajamiento del nivel freático.

Pueden emplearse para el rebajamiento de varios niveles de profundidad.

Puede emplearse el vacio para el drenaje de suelos finos.

Los pozos pueden situarse fuera del área de trabajo.

Al poder estar conectados a la energía eléctrica, se evitan los ruidos.

Inconvenientes:

Instalación costosa.

- Mediante pozos colectores podemos realizar el rebajamiento de acuíferos confinados profundos sobre arenas limpias y gravas.

Ventajas:

Se minimizan los puntos de bombeo necesarios.

Inconvenientes:

Este método solo es posible para excavaciones de grandes dimensiones.

3. METODOS BARRERA.

También se definen varias soluciones:

- **Mediante barreras provisionales.**

- Procediendo a la congelación del agua del terreno, el hielo formado en los huecos del terreno impide el flujo del agua. Este método es aplicable a todo tipo de suelos saturados y rocas permeables.

  Ventajas:

  Se aumenta temporalmente la resistencia al esfuerzo cortante del suelo.

  Inconvenientes:

  Es un proceso lento.

  Tiene unos costes de instalación y mantenimiento muy elevados.

  Puede provocar levantamientos del fondo de la excavación.

  Y evidentemente, dificulta la excavación debido a la dureza del terreno congelado.

- Con el uso de muros pantalla de bentonita o arcilla podemos trabajar en terrenos con limos, arenas, gravas y bolos. No hay prácticamente restricciones en su uso, aunque principalmente se usa en grandes recintos cerrados en torno a la excavación.

  Ventajas:

  Son más baratos y rápidos de ejecutar que un muro pantalla de hormigón.

  Inconvenientes:

  No resisten empujes del terreno, se suele dejar por ello una berma en toda la profundidad excavada en su trasdós.

  Con la profundidad el coste va aumentando exponencialmente.

  La permeabilidad máxima en la que son eficaces es muy baja.

- Realizando una barrera de suelo impermeable hecha con una retroexcavadora podemos trabajar en terrenos con limos, arenas, gravas y bolos. No hay prácticamente restricciones en su uso, aunque

principalmente se usa en grandes recintos cerrados en torno a la excavación. Como en el punto anterior.

Ventajas:

Es relativamente barato.

Pueden emplearse materiales locales.

Inconvenientes:

No resisten empujes del terreno, se suele dejar por ello una berma en toda la profundidad excavada en su trasdós.

Con la profundidad el coste va aumentando exponencialmente.

La permeabilidad máxima en la que son eficaces es muy baja.

Tienen que colocarse a cierta distancia del borde de la excavación.

Al utilizar la maquinaria de excavación anterior, las profundidades están muy restringidas.

- Con el uso de las tablestacas (permanentes o no) podemos trabajar prácticamente sin restricciones en todo tipo de excavaciones y en todo tipo de terrenos, solo presentan problemas los terrenos con bolos o bloques rocosos que dificulten la hinca.

Ventajas:

El diseño de las tablestacas da cierta seguridad en los trabajos.

La instalación es rápida.

Inconvenientes:

Es caro.

Lo anteriormente dicho, respecto a la dificultad de la hinca en los bloques rocosos y en el sellado de los mismos y de la superficie de la roca si está muy inclinada.

En zonas urbanas los trabajos se complican debido a que la vibración o el ruido puede llegar a ser excesivo.

- **Por barreras permanentes: pantallas.**

El uso de muros pantalla de hormigón armado facilita su uso en prácticamente todos los tipos de suelos, excepto cuando el terreno, por su dureza, no puede ser excavado sin el constante apoyo del trépano por las pantalladoras convencionales. Las hidrofresas tienen un mayor poder de penetración y rendimiento. Tampoco son aplicables cuando el terreno tiene una estructura tan abierta que no puede mantenerse un nivel constante de lodos en la excavación.

<u>*Ventajas:*</u>

Pueden diseñarse como parte de una cimentación.

Son muy eficaces en excavaciones circulares.

Pueden empotrarse en la roca, asegurando el sellado.

Si no se usa el trepano, las vibraciones y ruidos son casi mínimos.

Puede emplearse en espacios muy restringidos.

Y puede colocarse muy cercano a las cimentaciones ya existentes.

<u>*Inconvenientes:*</u>

Su gran coste puede hacerlas antieconómicas a menos que se incorporen como parte de la cimentación de la estructura.

Falta de garantía de impermeabilidad total, sobre todo cuando superan los 20-25 metros, por desviaciones de la verticalidad.

Las hidrofresas dan una garantía muy superior de verticalidad, si bien su coste de instalación es mucho más elevado.

Necesidad de disponer una cámara bufa para recoger las filtraciones por el cuerpo de la pantalla y por las juntas. Esta cámara puede obviarse en pantallas prefabricadas, por la mayor compacidad del hormigón y estanqueidad de las juntas, si bien son mucho más caras que las tradicionales.

- Los pilotes perforados secantes pueden ser utilizados prácticamente en todo tipo de excavaciones, teniendo en cuenta que la perforación en bolos y bloques rocosos puede ser muy costosa.

<u>*Ventajas:*</u>

Pueden diseñarse como parte de una cimentación.

Son muy eficaces en excavaciones circulares.

Pueden empotrarse en la roca, asegurando el sellado.

Si no se usa el trepano, las vibraciones y ruidos son casi mínimos.

Puede emplearse en espacios muy restringidos.

Y puede colocarse muy cercano a las cimentaciones ya existentes.

Inconvenientes:

Puede ser difícil asegurar el contacto completo de todos los pilotes a lo largo de toda la longitud.

Las juntas deben sellarse inyectando desde fuera.

- **Por barreras permanentes: inyecciones.**

- Realizando una membrana delgada inyectada podemos trabajar en terrenos con limos y arenas. No hay prácticamente restricciones en su uso, aunque principalmente se usa en grandes recintos cerrados en torno a la excavación.

Ventajas:

Son más baratos y rápidos de ejecutar que un muro pantalla de hormigón.

Inconvenientes:

La hinca y extracción de las tablestacas precisas para formar la membrana limita la profundidad alcanzable.

No resisten empujes del terreno, se suele dejar por ello una berma en toda la profundidad excavada en su trasdós.

Con la profundidad el coste va aumentando exponencialmente.

La permeabilidad máxima en la que son eficaces es muy baja.

- Mediante la técnica del Jet grouting podemos trabajar prácticamente sin restricciones. Concretamente en edificación son muy eficaces en la formación de tapones de fondo para excavaciones de gran profundidad bajo el nivel freático. Se puede usar en todo tipo de suelos y rocas blandas, excepto aquellos que tengan elevados contenidos de materia orgánica.

Ventajas:

Son más baratos y rápidos de ejecutar que un muro pantalla de hormigón.

Inconvenientes:

Es un proceso caro.

- Realizando inyecciones de lechada de cemento podemos trabajar sobre rocas fisuradas y diaclasadas. Rellanamos las fisuras para cortar el paso del agua. Si los huecos son un poco más grandes añadiremos un filler a la lechada.

  Ventajas:

  Los equipos son sencillos y pueden emplearse en espacios muy reducidos.

  Inconvenientes:

  Para que sea completamente eficaz, el tratamiento debe ser muy intensivo.

- Utilizando para las inyecciones una lechada de arcilla y cemento podemos trabajar en terrenos de arenas y gravas para el relleno de los huecos formando barreras relativamente impermeables.

  Ventajas:

  Los equipos son sencillos y pueden emplearse en espacios muy reducidos.

  La inyección debe realizarse mediante tubos manguitos para limitar su alcance y consumo.

  Inconvenientes:

  Para que sea completamente eficaz, el tratamiento debe ser muy intensivo.

  Se necesita formar una barrera de gran espesor para asegurar la continuidad.

  No resisten empujes del terreno.

2. REFUERZOS Y MEJORAS DEL TERRENO.

Ya hemos visto en las tipologías estudiadas algunos de estos refuerzos y mejoras del terreno de cimentación.
En este apartado lo que vamos a hacer es juntarlos para una mejor comprensión.

Para la elección del procedimiento de mejora o refuerzo del terreno debemos tener en cuenta los siguientes datos:

- Espesor y propiedades del suelo o relleno a mejorar.
- Presiones intersticiales en los diferentes estratos.
- Naturaleza, tamaño y posición de la estructura a apoyar en el terreno.
- Prevención de daños a las estructuras o servicios adyacentes.
- Mejora provisional o permanente del terreno.
- En términos de las deformaciones previsibles, relación entre el método de mejora del terreno y la secuencia constructiva.
- Los efectos en el entorno, incluso la posible contaminación por substancias tóxicas (en el caso en que éstas se introdujeran en el terreno en el proceso de mejora) o las modificaciones en el nivel freático.
- La degradación de los materiales a largo plazo (por ejemplo en el caso de inyecciones de materiales inestables).

Las técnicas más empleadas en edificación son las de inyección del terreno, que comprenden a las inyecciones tradicionales y el jet grouting.

En el campo de la edificación, el uso más extendido de las inyecciones se da en los trabajos de recalce.

Los métodos existentes de recalce de cimentaciones son:

- Aumento de dimensiones de las zapatas.
- Pozos de recalce.
- Micropilotes.
- Jet grouting.
- Inyecciones.
- Columnas de grava.
- Vibrocompactación.

El punto más delicado de estos trabajos lo constituye la transmisión de las cargas a los elementos de recalce. En ocasiones es preciso transmitir la carga del miembro estructural a recalzar a soportes provisionales mediante vigas auxiliares, cuñas o gatos antes de proceder al recalce propiamente dicho. La tendencia actual es evitar los apeos. Sea o no precisa su disposición, hay que tener en cuenta que en la transferencia de cargas siempre se producirán asientos, por lo que es necesario llevar un estricto control de nivelación a fin de

asegurar que estos asientos no superen a los admisibles para la estructura. Si se quieren reducir con garantía estos asientos a valores prácticamente nulos, es necesario hacer un pretensado previo de los elementos de recalce con unas cargas no inferiores a las que les vaya a transmitir las estructuras; aunque este pretensado se hace en raras ocasiones.

Aumento de las dimensiones de las zapatas.

Este procedimiento está indicado, en teoría, cuando se requiere reducir las presiones transmitidas al terreno o aumentar las cargas transmitidas por los pilares sin aumentar la presión sobre el terreno. Para ser realmente efectivo requiere un apeo de los correspondientes pilares, motivo por el cual este método se utiliza raramente.

Pozos de recalce.

No pueden hacerse bajo zapatas aisladas. Para el recalce de muros es preceptivo hacerlos por bataches. Es un método que está cayendo en desuso, por la mayor sencillez, seguridad y rapidez de los recalces mediante micropilotes, columnas de jet grouting e inyecciones.

Micropilotes.

Sus tipologías y los correspondientes procesos de ejecución se han descrito en el capítulo de cimentaciones profundas.
Hay que revisar con cuidado la conexión de los micropilotes con la cimentación de la estructura a recalzar ya que, normalmente, esta última no será apta para transmitir las cargas a elementos puntuales. Por lo que, como hemos dicho, necesitará de la ejecución de elementos auxiliares de transmisión como vigas con barras transversales pretensadas y vigas metálicas insertas en la cimentación que encepen los micropilotes.

Jet grouting.

Se conoce como "jet grouting" o inyección a alta velocidad a un procedimiento de mejora del terreno que utiliza un "jet" o dardo de fluido de alta energía cinética para romper la estructura del terreno y mezclarlo con una lechada.

No se trata exactamente de un procedimiento de inyección, sino más bien de un procedimiento de mezcla hidrodinámica suelo- lechada para formar un suelo-cemento in situ.

Inyecciones.

En las inyecciones de impregnación se rellenan las juntas o fracturas de la roca o los huecos del suelo sin romper su estructura. Más específicamente, este

término se refiere a la sustitución del agua de los huecos por un material fluido inyectado a baja presión para impedir la fracturación del terreno.

Columnas de grava por vibrosustitución.

Suponen la sustitución del terreno por columnas de grava.
Se utiliza en suelos mixtos granulares o cohesivos como limos arenosos y no arenosos y suelos de grano fino con una resistencia al corte de 20 a 100 kN/m2. Es un método adecuado para cargas ligeras a medias.

Vibrocompactación.

El terreno no se sustituye.
Se utiliza para suelos sin cohesión o poco cohesivos como arena y grava y es el método adecuado para depósitos de escoria.
Ideal para grandes cargas sobre los suelos mejorados y también para cargas dinámicas.
Los asientos son prácticamente nulos.
Se usan vibradores específicos de baja frecuencia, colgados de grúas.
Se suele utilizar agua a presión para facilitar el hincado.

FASES DE CONSTRUCCIÓN:
Hinca: El vibrador baja por el efecto combinado del peso, la vibración y la inyección de agua.
Compactación: Por pasadas sucesivas de abajo a arriba. Compacta un cilindro de unos 5 m de diámetro.
Aporte de materiales: Hay que añadir terreno para compensar el cono de hundimiento alrededor del vibrador.
Acabado: Se nivela la plataforma y se vuelve a compactar con rodillo.

3. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Para la ejecución de los trabajos de cimentación, bien sea superficial o profunda, e incluso en los trabajos geotécnicos especiales, necesitaremos siempre realizar algún tipo de movimiento de tierras. Ya se ha visto en cada caso particular que tenemos, que no debemos hacer y cuáles son las consideraciones a tener en cuenta.

De cualquier forma vamos a diferenciar entre varios tipos de excavación que serán de aplicación, según su caso a cada una de las tipologías constructivas anteriores.

Excavaciones taluzadas.

Los taludes de excavación deben venir definidos en el Proyecto. En cualquier caso, es conveniente realizar una inspección de excavaciones próximas en materiales similares.

Si hay nivel freático es preciso tener en cuenta que el agua del terreno puede hacer reducir incluso hasta a la mitad la inclinación de los taludes estables correspondientes a terreno seco.

En zonas urbanas debe tenerse presente que las aceras suelen tener zanjas rellenas próximas al borde de la excavación que pueden invalidar los taludes de proyecto, al estar constituidos estos rellenos por materiales sin cohesión y pobremente compactados.

Si hay espacio, deben tenderse los taludes de estos rellenos superiores hasta valores 1H:1V o incluso 3H:2V. Asimismo, y por razones de seguridad, es conveniente dejar una berma a la altura de la base de los rellenos o disponer una valla de protección o una malla anclada en la cabeza del talud.

Si la excavación va a estar abierta durante largo tiempo y el material es degradable por las condiciones atmosféricas, es conveniente protegerlo frente a la meteorización. Esta protección puede ir desde lonas sujetas en la cabeza del talud a un gunitado del mismo.

Si hay estructuras a una distancia del borde de la excavación inferior a vez y media su profundidad, recabar información, incluyendo calicatas si es posible, sobre la tipología y la profundidad de su cimentación.

Se hará una reconsideración del proyecto de excavación, con un posible cambio a bataches o a sostenimiento previo, en los supuestos siguientes de cimentación de la estructura medianera:

- Cimentación directa con una distancia de las zapatas al borde de la excavación inferior a vez y media la diferencia de cotas entre la base de la cimentación y el fondo de la excavación.
- Cimentación pilotada con pilotes próximos al borde de la excavación. Se precisa un estudio especial.

Excavaciones por bataches.

En caso de que el fondo de la excavación quede por debajo de la cimentación de estructuras contiguas y de que no haya espacio para realizar una excavación taluzada, la excavación por bataches es el método más clásico de excavación. Este método puede emplearse también para hacer pozos de cimentación que transmitan las cargas de las estructuras contiguas a niveles seguros. Cada vez más, el método de bataches está siendo sustituida por medidas de sostenimiento previo, ya que presenta las siguientes limitaciones e inconvenientes:

- Los bataches deben ser de dimensiones lo suficientemente reducidas para evitar asientos originados por la pérdida de terreno bajo la cimentación existente (NTE-cimentaciones, ADV-3).
- El método está básicamente limitado a terrenos secos, a causa de la dificultad de excavar por debajo del nivel freático sin unas pérdidas de terreno tales que originen asientos de los edificios contiguos.
- Es un procedimiento lento, penoso y peligroso, sobre todo cuando las profundidades de excavación superan los tres o cuatro metros.
- Se requieren operarios especializados.

Para profundidades superiores a 3 o 4 metros, se pueden mejorar las condiciones y la seguridad de la excavación mediante el anclaje a terreno firme de los sucesivos paneles de hormigón de los bataches, constituyendo el conocido como muro de damas. Esta solución, lenta y cara, sólo se hace cuando las alternativas con sostenimiento previo son inviables.

Excavaciones con sostenimiento previo.

La alternativa más comúnmente empleada a la excavación por bataches la constituyen los muros pantalla hormigonados in situ.

Como alternativa a estos muros continuos existen las pantallas de pilotes y de micropilotes.

Estas pantallas discontinuas, en especial las de micropilotes, pueden venir obligadas cuando el terreno, por su dureza, no puede ser excavado sin el constante apoyo del trépano por las pantalladoras convencionales. También cuando el terreno tiene una estructura tan abierta que no puede mantenerse un nivel constante de lodos en la excavación. Las pantallas de pilotes compiten económicamente con ventaja con las continuas cuando el terreno tiene cierta cohesión para sostenerse entre los huecos entre pilotes.

4. TIPOLOGÍAS DE SUELO PARA ELECCIÓN DE CIMENTACIONES.

Desde un punto de vista constructivo, los suelos se clasifican atendiendo a su integridad y capacidad portante en rocas, suelos granulares y suelos finos.

Rocas,

Se definen como rocas los suelos coherentes que son susceptibles de soportar con escasa deformación el peso de las edificaciones. Atendiendo al tipo de roca, y de modo orientativo, las tensiones admisibles sobre el terreno en la cota de apoyo de la cimentación se muestran en la tabla siguiente.

Tipos y condiciones admisibles	Mpa (Kp/cm^2)
Rocas ígneas y metamórficas sanas (Granito, diorita, basalto, gneis)	10 (100)
Rocas metamórficas foliadas sanas (Esquistos, pizarras)	3 (30)
Rocas sedimentarias sanas. Pizarras cementadas, limolitas, areniscas, calizas sin karstificar, conglomerados cementados	1 a 4 (10 a 40)
Rocas arcillosas sanas	0,5 a 1 (5 a 10)
Rocas diaclasadas de cualquier tipo con espaciamiento de discontinuidades superior a 0,30m, excepto rocas arcillosas	1 (10)

Los valores apuntados son válidos suponiendo que la cimentación se sitúa sobre roca no meteorizada con estratificación o foliación subhorizontal.

Los macizos rocosos con discontinuidades inclinadas, especialmente en las cercanías de taludes, deben ser objeto de análisis especial. Salvo que se indique, no se admiten discontinuidades con separaciones inferiores a un metro.

Se considera roca diaclasada cuando la roca está decolorada en la pared, la meteorización empieza a penetrar hacia el interior de la roca desde las discontinuidades y el material es notablemente más débil en la pared que en la roca sana aunque este material débil representa menos del 50% del total.

Las rocas calizas, areniscas y rocas pizarrosas con separaciones pequeñas entre los planos de estratificación así como las demás que estén muy diaclasadas o meteorizadas requieren un estudio específico. Se considera que existe una meteorización alta cuando más de la mitad del material se encuentra descompuesto a suelo.

Suelos granulares.

.

Este tipo de suelos está constituido por materiales de origen sedimentario en los que el porcentaje de material fino (limos y arcillas) es inferior al 35% en peso.

Los valores de tensión admisible que se consideran para este tipo de suelo se suponen para anchos de cimentación mayores o iguales a 1 m y nivel freático situado a una profundidad mayor al ancho de la cimentación por debajo de ésta.

Tipos y condiciones admisibles	Mpa (Kp/cm^2)
Gravas y mezclas de arena y grava, muy densas	>0,6 (>6)
Gravas y mezclas de grava y arena, medianamente densas a densas	0,2 a 0,6 (2 a 6)
Gravas y mezclas de arena y grava, sueltas	<0,2 (<2)
Arena muy densa	>0,3 (>3)
Arena medianamente densa	0,1 a 0,3 (1 a 3)
Arena suelta	<0,1 (<1)

Suelos finos.

Los suelos finos están también constituidos por materiales detríticos pero en ellos el porcentaje de elementos finos es superior al 35% en peso.

Las tensiones admisibles en estos suelos que se muestran en la tabla siguiente son orientativas y cuando sean suelos finos normalmente consolidados y ligeramente sobreconsolidados en los que sean de esperar asientos de consolidación así como en los suelos arcillosos potencialmente expansivos deberán ser objeto de un estudio especial.

Tipos y condiciones admisibles	Mpa (Kp/cm^2)
Arcillas duras	0,3 a 0,6 (3 a 6)
Arcillas muy firmes	0,15 a 0,3 (1,5 a 3)
Arcillas firmes	0,075 a 0,15 (0,75 a 1,5)
Arcillas y limos blandos	<0,075 (<0,75)

Todos estos datos se tendrán en cuenta junto con el informe geotécnico que se realice y la inspección preliminar del emplazamiento, para valorar cual es la cimentación elegida, y en su caso modificarla por una más adecuada.

5. ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Antes de proceder a la ejecución de la cimentación se realizará la confirmación del estudio geotécnico.

Se comprobará visualmente, o mediante las pruebas que se juzguen oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con las previsiones del proyecto.

El resultado de tal inspección, definiendo la profundidad de la cimentación de cada uno de los apoyos de la obra, su forma y dimensiones, y el tipo y consistencia del terreno se incorporará a la documentación.

En particular se debe comprobar que:

- El nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y apreciablemente la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico.
- El nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas.
- El terreno presenta apreciablemente una resistencia y humedad similar a la supuesta en el estudio geotécnico.
- No se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc.
- No se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres.

El estudio geotécnico tiene por finalidad conocer las características del terreno que soportará la obra definiendo:

- La naturaleza de los materiales a excavar.
- Modo de excavación y utilización de los mismos.
- Los taludes a adoptar en los desmontes de la explanación.
- La capacidad portante del terreno para soportar los rellenos y la estructura.
- La forma de realizarlos y sus taludes, tanto en fase de obra como en fase de puesta en servicio previendo los asientos que puedan producirse y el tiempo necesario para que se produzcan.
- Los coeficientes de seguridad que deben adoptarse.
- Las medidas a tomar para incrementarlos caso de no ser aceptables.
- Las operaciones necesarias para disminuir los asientos y/o acelerarlos.

Como información previa a la realización del estudio geotécnico, y formando parte integrante del mismo, se deben conocer todos aquellos datos que puedan condicionar sus características, solicitaciones e influencias.

En particular:

- El perfil del terreno.
- La existencia de vertidos.
- La existencia de canalizaciones.
- La existencia de servicios enterrados.
- La existencia de posibles fallas.
- Terrenos expansivos,
- Terrenos agresivos,
- Existencia y ubicación de rellenos.
- Pozos.
- Galerías.
- Depósitos enterrados.
- La naturaleza y configuración de las cimentaciones de los edificios colindantes.
- Etc.

Es de especial interés disponer de los datos que se hayan recogido en el estudio geotécnico realizado con motivo de las obras de una posible urbanización de la zona.

Deben preverse tomas de muestras adicionales a medida que la obra avanza con objeto de detectar alteraciones en las condiciones del suelo, aparición de estratos diferentes a los previstos, alteraciones en el nivel de la capa freática, etc.

El número de puntos de reconocimiento, con un número mínimo de tres, debe determinarse ajustándose a las disposiciones del código técnico de la edificación que establece las distancias máximas entre ellos y su profundidad en función del tipo de edificio y de la naturaleza general del terreno. El Código Técnico de la Edificación (CTE) distingue los siguientes tipos de construcciones y de terrenos:

Construcciones.

- **C-0**: Construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida inferior a 300 m^2
- **C-1**: Otras construcciones de menos de 4 plantas.
- **C-2**: Construcciones entre 4 y 10 plantas.
- **C-3**: Construcciones entre 11 a 20 plantas.
- **C-4**: Conjuntos monumentales o singulares, o de más de 20 plantas.

Terrenos.

- **T-1** Terrenos favorables: aquellos con poca variabilidad, y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa mediante elementos aislados.
- **T-2** Terrenos intermedios: los que presentan variabilidad, o que en la zona no siempre se recurre a la misma solución de cimentación, o en los que se puede suponer que tienen rellenos antrópicos de cierta relevancia, aunque probablemente no superen los 3,0 m.
- **T-3** Terrenos desfavorables: los que no pueden clasificarse en ninguno de los tipos anteriores.
  En particular se considerarán en el grupo T-3 los siguientes terrenos: suelos expansivos, colapsables, blandos o sueltos, terrenos kársticos en yesos o calizas, terrenos variables en cuanto a composición y estado, rellenos antrópicos con espesores superiores a 3 m, terrenos en zonas susceptibles de sufrir deslizamientos, rocas volcánicas en coladas delgadas o con cavidades, terrenos con desnivel superior a 15º, suelos residuales y marismas.

Las distancias máximas y profundidades orientativas de los puntos de análisis se muestran en la tabla siguiente.

Grupo de terreno	**T1**		**T2**	
Tipo de construcción	**$d_{máx}$ (m)**	**P (m)**	**$d_{máx}$ (m)**	**P (m)**
C-0, C-1	35	6	30	18
C-2	30	12	25	25
C-3	25	14	20	30
C-4	20	16	17	35

Los datos de número mínimo de sondeos mecánicos que deben realizarse y el porcentaje posible de sustitución por pruebas continuas de penetración se muestran en la tabla siguiente en función del tipo de obra y de la naturaleza general del terreno.

	NÚMERO MÍNIMO		% DE SUSTITUCIÓN	
	T-1	**T-2**	**T-1**	**T-2**
C-0	-	1	-	66
C-1	1	2	70	50
C-2	2	3		
C-3	3	3	50	40
C-4			40	30

En el caso de que las obras tengan elementos singulares de gran importancia, como por ejemplo en los puentes, debe comprobarse que el estudio geotécnico contempla específica y exhaustivamente los puntos en los que van a situarse elementos sensibles de la propia estructura (apoyos, cimientos, contrafuertes, etc.) o de elementos auxiliares (p.ej. cimbrados) con objeto de evitar en lo posible el riesgo de que se produzcan corrimientos de tierras o asientos diferenciales durante la ejecución o durante su vida útil.

Cuando en las proximidades de la zona que ocupará el edificio se encuentren desniveles apreciables (trincheras de carretera, hondonadas, etc.) resulta imprescindible que el estudio geotécnico incluya el análisis de la estabilidad de los taludes con objeto de evitar corrimientos de tierras debidos a la presión de la cimentación sobre el terreno.

La prospección del terreno podrá llevarse a cabo mediante calicatas, sondeos mecánicos, pruebas continuas de penetración o métodos geofísicos.
En los reconocimientos de los tipos de construcción C-0 y grupo de terreno T-1, las pruebas de penetración deben complementarse siempre con otras técnicas de reconocimiento como podrían ser calicatas. En otros casos, en el reconocimiento se podrán utilizar las pruebas de penetración para la identificación de unidades geotécnicas, que deben contrastarse mediante sondeos mecánicos.

Por último, hay que señalar que el estudio geotécnico específico para un proyecto de edificación debe contener la información y las recomendaciones precisas para el correcto diseño de los sistemas de cimentación:

- Perfil de tensiones admisibles.
- Presencia de estratos inestables.
- Análisis de la influencia sobre los cimientos de los edificios colindantes.
- Acciones recomendables de mejora de suelos.
- Etc.

6. HORMIGONADO Y ENCOFRADO.

En los procesos de hormigonado que se utilizan en las tipologías anteriores de cimentación hemos de dar forma al mismo y para ello ha de ser vertido en un **ENCOFRADO:**

CONDICIONES QUE DEBE REUNIR:

- Dar la forma deseada al hormigón
- Resistir el empuje del hormigón, vibrado y sobrecargas de trabajo sin asientos ni deformaciones perjudiciales
- Ser estanco y no perder lechada
- No ser adherente al hormigón.
- Fácil de montar y desmontar
- Reutilizable
- Posibilidad de montaje sobre elementos inferiores ya hormigonados.

TIPOS:

Según nº de usos:
- Perdidos
- Recuperables

Por el acabado:
- Vistos
- Ocultos

Por el material:
- Madera
- Chapa de acero
- Poliéster + fibra de vidrio.
- Cartón.
- Bovedillas cerámicas.
- Bovedillas hormigón.
- Poliestireno expandido.

PROCESO:

VERTIDO.

No debemos perder homogeneidad en el hormigón.
Para el correcto hormigonado:
- Vertido en caída libre desde h < 2 metros y tubo siempre vertical
- No verterlo todo en un sólo punto
- No arrojar con pala a gran distancia y repartirlo con rastrillos
- Por tongadas < 50 cm

VIBRACIÓN

- Picado con barra (16 mm con punta redondeada).
- Apisonado por tongadas de 15 − 20 cm.
- Utilización del vibrador propiamente dicho, para hormigones secos a los que se pide resistencia.
  Hay que introducir y extraer lentamente y a velocidad constante, la distancia entre los puntos de inmersión debe permitir la humectación brillante en toda la superficie de la masa.
  Vibrar 1 a 15 minutos en varios puntos.
  Si se hormigona por tongadas hay que coser las capas siempre en vertical y sin corrimiento transversal a 10 o 15 cm del encofrado.

FRAGUADO, ENDURECIMIENTO Y DESENCOFRADO

CURADO

Correcta y completa hidratación del cemento.
Debe mantenerse hasta alcanzar un 70 % de la resistencia prevista en el proyecto.

PROCEDIMIENTOS MÁS USUALES:

- Por recubrimiento: en zonas cálidas. Consiste en tapar el hormigón con polietileno
- Por humedad: regar con agua, asegura estabilidad volumétrica y resistencia del hormigón. Lo ideal es prolongarlo los 28 días.

8.3. LISTAS DE COMPROBACIÓN.

Las listas de comprobación, comúnmente conocidas como “checklist”, son métodos rápidos para evaluar situaciones concretas (como en este caso la correcta ejecución y control de las unidades de obra relativas a las cimentaciones).

Presentan la ventaja de que son rápidas y fáciles de utilizar, y proporcionan la información preliminar que permite identificar las principales áreas o condiciones de riesgo que posteriormente se evaluarán con mayor detalle. Se trata de herramientas de evaluación generales y que pueden aplicarse en distintos sectores de actividad y prácticamente para cualquier puesto de trabajo.

Estas listas de control nos permitirán advertir de inmediato cualquier tipo de error, discrepancia, mal funcionamiento o mala ejecución.

Ello nos supondrá innumerables ventajas.

- Subsanación de errores antes de cometerlos.
- Ahorro en los costes.
- Ahorro en plazos de ejecución y/o trabajos.
- Mejora en la planificación.
- Mayor control de la obra.
- Conocimiento más exhaustivo de la misma.
- Etc.

Todo ello se resume en una mejor gestión de todo el proceso constructivo, siendo más fácil, más ágil, más rápido, más económico y en resumen más productivo.

A continuación se detalla un listado con las listas de comprobación necesarias para la gestión del proceso constructivo de las cimentaciones, tanto en su ejecución material como en su control.

Y a su vez todo redunda en algo muy importante, la agradable sensación de estar haciendo bien nuestro trabajo, y convirtiéndonos poco a poco en unos grandes profesionales.

A continuación se enumeran las listas de comprobación relativas a las cimentaciones de los puntos estudiados anteriormente.

LISTADO:

1001. L.C. MUROS DE SÓTANO. FASE PROYECTO.

1002. L.C. MUROS DE SÓTANO. FASE EJECUCIÓN.

1003. L.C. LOSAS. FASE PROYECTO.

1004. L.C. LOSAS. FASE EJECUCIÓN.

1005. L.C. ZAPATAS CORRIDAS. FASE PROYECTO.

1006. L.C. ZAPATAS CORRIDAS. FASE EJECUCIÓN.

1007. L.C. ZAPATAS AISLADAS. FASE PROYECTO.

1008. L.C. ZAPATAS AISLADAS. FASE EJECUCIÓN.

2001. L.C. MUROS PANTALLA. FASE PROYECTO.

2002. L.C. MUROS PANTALLA. FASE EJECUCIÓN.

2003. L.C. PILOTES PREFABRICADOS. FASE PROYECTO.

2004. L.C. PILOTES PREFABRICADOS. FASE EJECUCIÓN.

2005. L.C. PILOTES IN SITU. FASE PROYECTO.

2006. L.C. PILOTES IN SITU. FASE EJECUCIÓN.

3001. L.C. TABLESTACADOS. FASE PROYECTO.

3002. L.C. TABLESTACADOS. FASE EJECUCIÓN.

3003. L.C. INYECCIÓN. FASE PROYECTO.

3004. L.C. INYECCIÓN. FASE EJECUCIÓN.

3005. L.C. JET-GROUTING. FASE PROYECTO.

3006. L.C. JET-GROUTING. FASE EJECUCIÓN.

3007. L.C. MICROPILOTES. FASE PROYECTO.

3008. L.C. MICROPILOTES. FASE EJECUCIÓN.

L.C. 1001	*MUROS DE SÓTANO. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.*	*FECHA:*

ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN. MUROS DE SÓTANO

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

REVISIÓN DOCUMENTAL							
	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
DATOS PREVIOS	CONCORDANCIA ENTRE ESTUDIO GEOTECNICO Y SOLUCION DESCRITA EN PROYECTO						
	CONCORDANCIA ENTRE PROYECTO CON PLANOS DE CIMENTACIÓN						
	CUADRO DE CARGAS A CIMENTACIÓN						
	VALORACION PROGRAMA DE CÁLCULO						
	EMPRESA FIRMANTE ANEJO DE CÁLCULO						
DISEÑO CIMENTACIÓN	DEFINICIÓN DEL PLANO BASE DE LA CIMENTACIÓN						
	CUMPLE CON NCSR-02						
	CALIDAD DEL HORMIGÓN						
	CALIDAD DEL ACERO						
	NIVEL DE CONTROL						
	COEFICIENTES DE SEGURIDAD						
	RECUBRIMIENTOS						
EJECUCION CIMENTACIÓN	METODOS DE REBAJAMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO						
	INTERACCION DE CIMENTACIÓN CON PUNTOS SINGULARES						
	POZOS. SISTEMA DE SOSTENIMIENTO Y PROC. RELLENO						
PLANOS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN	REPLANTEO ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN						
	COTAS PLANO CIMENTACIÓN						
	NIVEL FREÁTICO						
	ALZADO DE LOS MUROS						
	CUADRO CARACTERÍSTICAS MATERIALES						
	NIVEL DE CONTROL. COEF. SEGURIDAD						
	TENSIÓN ADMISIBLE TERRENO						
	CUADRO LONGITUDES DE ANCLAJE-SOLAPE						
	CUADRO DE CARGAS DE CIMENTACIÓN						
	DETALLES DE PLANOS DE CIMENTACIÓN						
	DETALLES UNIONES FORJADO-MURO DE SÓTANO						
	DETALLES DE PILARES NACIENTES EN CORONACIÓN DEL MURO						

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

S/O: Sin observaciones

L.C. 1001	***MUROS DE SÓTANO. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.***	*FECHA:*

ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN. MUROS DE SÓTANO

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**
ELEMENTOS VERIFICADOS: • MUROS DE SÓTANO	

VERIFICACIÓN DIMENSIONAMIENTO							
	COMPROBACIÓN	**CONFORME**		**S/O**	**CORRECCIÓN**	**COMPROBACIÓN CORRECCIÓN**	**ACLARACIONES/ ANOMALÍAS**
		SI	**NO**				
MUROS DE SÓTANO	CARGA Y/O ESFUERZO CONTROLADO						
	TENSIONES EFECTUADAS POR EL TERRENO						
	COEFICIENTE DE SEGURIDAD A VUELCO						
	COMPROBACIÓN A FLEXIÓN						
	DIÁMETRO Y SEPARACIÓN ENTRE BARRAS						
	COMPROBACIÓN A ESFUERZO CORTANTE Y/O PUNZONAMIENTO						
	CONDICICIONES DE ANCLAJE DE LA PARRILLA						
	ANCLAJE Y SOLAPE DE LAS ESPERAS DEL MURO						
	ESPESOR DEL MURO						
	COMPROBACIÓN DE LA CUANTÍA GEOMÉTRICA MÍNIMA CARA TRACCIONADA						
	COMPROBACIÓN A FLEXIÓN						
	CAJEADO PARA ENTREGA DEL FORJADO						
	UNIONES MURO-FORJADO						

	DESCRIPCIÓN	**REFERENCIA**
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 1001	MUROS DE SÓTANO. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.	FECHA:

ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN. MUROS DE SÓTANO

PROMOTOR:	CONSTRUCTORA:
REFERENCIA DOCUMENTO:	TÉCNICO REVISIÓN:

CONCLUSIONES

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica.
- Detalles y/o elementos de Riesgo en Cimentación.

RECOMENDACIONES

- Recomendaciones que pueden ser de utilidad para la revisión del proyecto de estructura.
- Recomendaciones para la inspección de la ejecución de la cimentación.

L.C. 1002	MUROS DE SÓTANO. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.	FECHA:

ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN. MUROS DE SÓTANO

PROMOTOR:	CONSTRUCTORA:
REFERENCIA DOCUMENTO:	TÉCNICO REVISIÓN:

REVISIÓN DE EJECUCIÓN							
	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
REPLANTEO Y GEOMETRÍA	La orientación coincide con la del proyecto						
	El centro geométrico coincide con el del proyecto						
	La anchura coincide con la del proyecto						
	La longitud coincide con la del proyecto						
	Se han replanteado los pasos de instalaciones y evacuación						
MATERIALES HORMIGÓN	**FABRICADO EN LA CENTRAL**						
	El hormigón que se está empleando dispone de hoja de suministro						
	Constan todos los datos						
	La designación del hormigón coincide con la del proyecto						
	El contenido mínimo de cemento se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	La resistencia del hormigón se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	La relación a/c del hormigón se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	Desde la hora de su fabricación ha pasado menos de 1 h 30 m						
	FABRICADO EN LA OBRA						
	Se conocen las características de los materiales que se utilizan						
	Se dosifica de acuerdo con una formulación comprobada y autorizada						
MATERIALES BARRAS DE ACERO	El acero que se está utilizando dispone de hoja de suministro						
	Consta el tipo de acero						
	Se ha identificado el tipo y procedencia del acero						
	El tipo de acero coincide con el del proyecto						
	Todo el acero del elemento tiene el mismo límite elástico (es del mismo tipo)						
	Las barras están limpias						
	Las zonas curvadas NO presentan fisuras						
VERIFICACIONES PREVIAS	Se han dispuesto las juntas previstas en el proyecto						
	Las juntas son estancas						
	Los diámetros de pasos de servicio previstos son suficientes						
COLOCACIÓN	**ARMADOS PARA HORMIGÓN**						
	Los diámetros de las barras se corresponden con los definidos en el proyecto						
	Los anclajes de las barras son correctos						
	Las distancias mínimas y máximas entre barras son correctas						
	El recubrimiento de los armados es correcto						
	Es correcto el doblez de los armados						
	SUJECIÓN						
	El atado de las barras se garantiza durante su transporte y montaje, y el vertido y compactado del hormigón						

L.C. 1002	MUROS DE SÓTANO. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.	FECHA:

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
COLOCACIÓN	Los puntos de atado entre los armados son correctos sea por soldadura o con alambre						
	Para atar los armados se utiliza alambre de acero						
	La soldadura entre los armados es correcta						
	EMPALME PARA HORMIGÓN						
	Disposición de los empalmes de los armados según plano, o autorización de la DF						
	Los empalmes están lo más alejados posible de los armados que trabajan al máximo esfuerzo						
	Son correctos los empalmes de barras por encabalgamiento, soldadura o por medios						
	SEPARADORES						
	La distancia entre separadores está dentro de los máximos permitidos						
	Son de materiales aceptados por el EHE						
	CORTADO						
	El tipo de corte altera en una longitud significativa las características geométricas y mecánicas de los armados						
	Para barras de longitudes superiores a 6 m, ¿la tolerancia se encuentra entre 20 y 30 mm?						
	Para barras de longitud inferior o igual a 6 m, ¿la tolerancia es ±20 mm?						
ENCOFRADOS Y DESENCOFRADOS	**DISEÑO**						
	Se ha tenido en cuenta si se requiere de una metodología especial de colocación del encofrado definida en proyecto						
	Se ha tenido en cuenta la posible existencia de un pliegue de condiciones técnicas particulares						
	Se ha tenido en cuenta si se requiere de una metodología especial de desencofrado definida en proyecto						
	MATERIAL						
	El material que se emplea cumple las especificaciones genéricas de los encofrados						
	Se ha tenido en cuenta la prohibición de moldes de aluminio en contacto con el hormigón						
	CONDICIONES ENCOFRADOS						
	Se ha mojado el encofrado de madera antes de hormigonar						
	Se ha aplicado producto desmoldeador en los encofrados metálicos						
	El elemento y el encofrado están limpios						
HORMIGONADO	Se toman las precauciones adecuadas para hormigonar en tiempo caluroso						
	Se toman las precauciones adecuadas para hormigonar en tiempo frío						
	Se toman las precauciones adecuadas para hormigonar en tiempo lluvioso						
	Al verter se evita la segregación del hormigón						
	Se compacta/vibra correctamente el hormigón						
	Curado. ¿Se establece el método y su duración?						
	Superficie de contacto limpia, húmeda y rugosa por la unión del hormigón nuevo con el ya vertido						
UNIONES DE ELEMENTOS	**GENÉRICOS**						
	Se dispone de planos de detalles de las uniones						
	Se evitan las uniones en las que se pueda acumular agua						
	HORMIGÓN-HORMIGÓN						
	Las esperas tienen el diámetro proyectado						
	Las esperas están colocadas según proyecto						
	Se ha tenido en cuenta la impermeabilización del arranque del elemento desde el cimiento						

L.C. 1002	MUROS DE SÓTANO. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.	FECHA:

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
UNIONES DE ELEMENTOS	**HORMIGÓN - PERFILES METÁLICOS**						
	Las esperas se han colocado con plantilla						
	Las esperas cumplen las tolerancias						
	HORMIGÓN-CERÁMICA						
	Se ha tenido en cuenta la impermeabilización del arranque del muro						
	Se ha colocado un mínimo de 2 anclaje por cada lado de unión de pilar con muro cerámico						
	HORMIGÓN-BLOQUE						
	El soporte de forjado en el bloque se realiza mediante una cadena de hormigón						
	El acero de la espera es el del proyecto						
	Las esperas tienen la longitud marcada en el proyecto						
	HORMIGÓN-MADERA						
	Se ha colocado una barrera antihumedad entre el hormigón y la madera						
VERIFICACIONES POSTERIORES ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	Se cumplen las limitaciones establecidas por la normativa						
	El extradós del muro está impermeabilizado						
	Muros. ¿El relleno del extradós se realiza cuando éste tiene la resistencia sin ser < a 21 días?						

S/O: Sin observaciones

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 1002	*MUROS DE SÓTANO. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.*	*FECHA:*

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES

L.C. 1003	*LOSAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.*	*FECHA:*

CIMENTACIÓN SUPERFICIAL MEDIANTE LOSAS

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

REVISIÓN DOCUMENTAL

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
DATOS PREVIOS	CONCORDANCIA ENTRE ESTUDIO GEOTECNICO Y SOLUCION DESCRITA EN PROYECTO						
	CONCORDANCIA ENTRE PROYECTO CON PLANOS DE CIMENTACIÓN						
	CUADRO DE CARGAS A CIMENTACIÓN						
	VALORACION PROGRAMA DE CÁLCULO						
	EMPRESA FIRMANTE ANEJO DE CÁLCULO						
DISEÑO CIMENTACIÓN	DEFINICIÓN DEL PLANO BASE DE LA CIMENTACIÓN						
	CUMPLE CON NCSE-02						
	CALIDAD DEL HORMIGÓN						
	CALIDAD DEL ACERO						
	NIVEL DE CONTROL						
	COEFICIENTES DE SEGURIDAD						
	RECUBRIMIENTOS						
EJECUCION CIMENTACIÓN	METODOS DE REBAJAMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO						
	INTERACCION DE CIMENTACIÓN CON PUNTOS SINGULARES						
	POZOS. SISTEMA DE SOSTENIMIENTO Y PROC. RELLENO						
PLANOS CIMENTACIÓN	REPLANTEO CIMENTACIÓN. ACOTADO A EJES PILARES						
	COTAS PLANO CIMENTACIÓN.						
	NIVEL FREÁTICO						
	CUADRO CARACTERÍSTICAS MATERIALES						
	NIVEL DE CONTROL. COEF. SEGURIDAD						
	TENSIÓN ADMISIBLE TERRENO						
	CUADRO LONGITUDES DE ANCLAJE-SOLAPE						
	CUADRO ESPERA DE PILARES						
	CUADRO DE CARGAS DE CIMENTACIÓN						
	DETALLES DE PLANOS DE CIMENTACIÓN						

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

S/O: Sin observaciones

L.C. 1003	LOSAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.	FECHA:

CIMENTACIÓN SUPERFICIAL MEDIANTE LOSAS

PROMOTOR:	CONSTRUCTORA:
REFERENCIA DOCUMENTO:	TÉCNICO REVISIÓN:
ELEMENTOS VERIFICADOS: • LOSA DE CIMENTACIÓN	

VERIFICACIÓN DIMENSIONAMIENTO							
	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
LOSA DE CIMENTACIÓN	CARGA Y/O ESFUERZO CONTROLADO						
	TENSIONES MEDIA Y MÁXIMA DEL TERRENO						
	COEFICIENTE DE SEGURIDAD A VUELCO						
	COMPROBACIÓN A FLEXIÓN						
	DIÁMETRO Y SEPARACIÓN ENTRE BARRAS						
	COMPROBACIÓN A ESFUERZO CORTANTE Y/O PUNZONAMIENTO						
	CONDICICIONES DE ANCLAJE DE LA PARRILLA						
	ANCLAJE Y SOLAPE DE LAS ESPERAS DE PILARES.						
	CANTO TOTAL DE LA LOSA						

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 1003	***LOSAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.***	*FECHA:*

CIMENTACIÓN SUPERFICIAL MEDIANTE LOSAS

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

CONCLUSIONES

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica.

- Detalles y/o elementos de Riesgo en Cimentación.

RECOMENDACIONES

- Recomendaciones que pueden ser de utilidad para la revisión del proyecto de estructura.
- Recomendaciones para la inspección de la ejecución de la cimentación.

L.C. 1004	LOSAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.	FECHA:

CIMENTACIÓN POR LOSAS.

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

REVISIÓN DE EJECUCIÓN

	COMPROBACIÓN	CONFORME SI	CONFORME NO	S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
REPLANTEO Y GEOMETRÍA	La orientación coincide con la del proyecto						
	La anchura coincide con la del proyecto						
	La longitud coincide con la del proyecto						
	Se han replanteado los pasos de instalaciones y evacuación						
MATERIALES HORMIGÓN	**FABRICADO EN LA CENTRAL**						
	El hormigón que se está empleando dispone de hoja de suministro						
	Constan todos los datos						
	La designación del hormigón coincide con la del proyecto						
	El contenido mínimo de cemento se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	La resistencia del hormigón se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	La relación a/c del hormigón se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	Desde la hora de su fabricación ha pasado menos de 1 h 30 m						
	FABRICADO EN LA OBRA						
	Se conocen las características de los materiales que se utilizan						
	Se dosifica de acuerdo con una formulación comprobada y autorizada						
MATERIALES BARRAS DE ACERO	El acero que se está utilizando dispone de hoja de suministro						
	Consta el tipo de acero						
	Se ha identificado el tipo y procedencia del acero						
	El tipo de acero coincide con el del proyecto						
	Todo el acero del elemento tiene el mismo límite elástico (es del mismo tipo)						
	Las barras están limpias						
	Las zonas curvadas NO presentan fisuras						
VERIFICACIONES PREVIAS	**EXCAVACIONES**						
	Las desviaciones geométricas del elemento excavado son < al 0,25 % y/o ±10 cm						
	La nivelación de las capas de compactado entra dentro de las tolerancias, y NO es superior a 30 mm						
	CIMIENTOS						
	En terrenos expansivos se han tomado las medidas previstas en el proyecto						
	El plan de soporte queda empotrado en el sustrato resistente un mínimo de 10 cm						
	Se ha ejecutado la parte de puesta en tierra correspondiente a los cimientos						
	MUROS DE HORMIGÓN						
	Los diámetros de pasos de servicio previstos son suficientes						

L.C. 1004	***LOSAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.***	*FECHA:*

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
COLOCACIÓN	**EXCAVACIONES**						
	Se toman medidas para evitar deslizamientos						
	El terreno coincide con el definido por el estudio geotécnico						
	Se tienen en cuenta las prescripciones del pliegue de condiciones del proyecto						
	Se impide la acumulación de agua en las zonas excavadas						
	ARMADOS PARA HORMIGÓN						
	Los diámetros de las barras se corresponden con los definidos en el proyecto						
	Los anclajes de las barras son correctos						
	Las distancias mínimas y máximas entre barras son correctas						
	El recubrimiento de los armados es correcto						
	Es correcto el doblez de los armados						
	SUJECIÓN						
	El atado de las barras se garantiza durante su transporte y montaje, y el vertido y compactado del hormigón						
	Los puntos de atado entre los armados son correctos sea por soldadura o con alambre						
	Para atar los armados se utiliza alambre de acero						
	La soldadura entre los armados es correcta						
	EMPALME PARA HORMIGÓN						
	Disposición de los empalmes de los armados según plano, o autorización de la DF						
	Los empalmes están lo más alejados posible de los armados que trabajan al máximo esfuerzo						
	Son correctos los empalmes de barras por encabalgamiento, soldadura o por medios						
	SEPARADORES						
	La distancia entre separadores está dentro de los máximos permitidos						
	Son de materiales aceptados por el EHE						
	CORTADO						
	El tipo de corte altera en una longitud significativa las características geométricas y mecánicas de los armados						
	Para barras de longitudes superiores a 6 m, ¿la tolerancia se encuentra entre 20 y 30 mm?						
	Para barras de longitud inferior o igual a 6 m, ¿la tolerancia es ±20 mm?						
ENCOFRADOS Y DESENCOFRADOS	**PUESTA EN OBRA DE LOS ENCOFRADOS**						
	Es estanco, rígido y de textura adecuada						
	Permite el encofrado la colocación de los armados						
	Se han tenido en cuenta posibles asentamientos y deformaciones del soporte						
	Se ha previsto el efecto de presiones del vertido y vibrado del hormigón						
	Se ha evitado la afectación de posibles elementos existentes						
	El desmoldeador que se utiliza cumple con los requisitos establecidos por la normativa						
	Impide el libre juego de juntas de proyecto de retracción, asentamiento o dilatación						
	MATERIAL						
	El material que se emplea cumple las especificaciones genéricas de los encofrados						
	Se ha tenido en cuenta la prohibición de moldes de aluminio en contacto con el hormigón						
	CONDICIONES ENCOFRADOS						
	Se ha mojado el encofrado de madera antes de hormigonar						
	Se ha aplicado producto desmoldeador en los encofrados metálicos						

L.C. 1004	LOSAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.	FECHA:

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
	El elemento y el encofrado están limpios						
HORMIGONADO	Se toman las precauciones adecuadas para hormigonar en tiempo caluroso						
	Se toman las precauciones adecuadas para hormigonar en tiempo frío						
	Se toman las precauciones adecuadas para hormigonar en tiempo lluvioso						
	Al verter se evita la segregación del hormigón						
	Se compacta/vibra correctamente el hormigón						
	Curado. ¿Se establece el método y su duración?						
	Superficie de contacto limpia, húmeda y rugosa por la unión del hormigón nuevo con el ya vertido						
UNIONES DE ELEMENTOS	**GENÉRICOS**						
	Se dispone de planos de detalles de las uniones						
	Se evitan las uniones en las que se pueda acumular agua						
	HORMIGÓN-HORMIGÓN						
	Las esperas tienen el diámetro proyectado						
	Las esperas están colocadas según proyecto						
	Se ha tenido en cuenta la impermeabilización del arranque del elemento desde el cimiento						
	HORMIGÓN - PERFILES METÁLICOS						
	Las esperas se han colocado con plantilla						
	Las esperas cumplen las tolerancias						
	HORMIGÓN-CERÁMICA						
	Se ha tenido en cuenta la impermeabilización del arranque del muro						
	HORMIGÓN-BLOQUE						
	El soporte de forjado en el bloque se realiza mediante una cadena de hormigón						
	El acero de la espera es el del proyecto						
	Las esperas tienen la longitud marcada en el proyecto						
VERIFICACIONES POSTERIORES ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	Se cumplen las limitaciones establecidas por la normativa						

S/O: Sin observaciones

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 1004	***LOSAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.***	*FECHA:*

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES





L.C. 1005	***ZAPATAS CORRIDAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.***	*FECHA:*

CIMENTACIÓN POR ZAPATAS CORRIDAS

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

REVISIÓN DOCUMENTAL							
	COMPROBACIÓN	**CONFORME**		**S/O**	**CORRECCIÓN**	**COMPROBACIÓN CORRECCIÓN**	**ACLARACIONES/ ANOMALÍAS**
		SI	**NO**				
DATOS PREVIOS	CONCORDANCIA ENTRE ESTUDIO GEOTECNICO Y SOLUCION DESCRITA EN PROYECTO						
	CONCORDANCIA ENTRE PROYECTO CON PLANOS DE CIMENTACIÓN						
	CUADRO DE CARGAS A CIMENTACIÓN						
	VALORACION PROGRAMA DE CÁLCULO						
	EMPRESA FIRMANTE ANEJO DE CÁLCULO						
DISEÑO CIMENTACIÓN	DEFINICIÓN DEL PLANO BASE DE LA CIMENTACIÓN						
	CUMPLE CON NCSE-02						
	CALIDAD DEL HORMIGÓN						
	CALIDAD DEL ACERO						
	NIVEL DE CONTROL						
	COEFICIENTES DE SEGURIDAD						
	RECUBRIMIENTOS						
EJECUCION CIMENTACIÓN	METODOS DE REBAJAMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO						
	INTERACCION DE CIMENTACIÓN CON PUNTOS SINGULARES						
	POZOS. SISTEMA DE SOSTENIMIENTO Y PROC. RELLENO						
PLANOS CIMENTACIÓN	REPLANTEO CIMENTACIÓN. ACOTADO A EJES PILARES						
	COTAS PLANO CIMENTACIÓN.						
	NIVEL FREÁTICO						
	CUADRO ZAPATAS						
	CUADRO CARACTERÍSTICAS MATERIALES						
	NIVEL DE CONTROL. COEF. SEGURIDAD						
	TENSIÓN ADMISIBLE TERRENO						
	CUADRO LONGITUDES DE ANCLAJE-SOLAPE						
	CUADRO ESPERA DE PILARES						
	CUADRO DE CARGAS DE CIMENTACIÓN						
	DETALLES DE PLANOS DE CIMENTACIÓN						

	DESCRIPCIÓN	**REFERENCIA**
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

S/O: Sin observaciones

L.C. 1005	***ZAPATAS CORRIDAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.***	*FECHA:*

CIMENTACIÓN POR ZAPATAS CORRIDAS

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**
ELEMENTOS VERIFICADOS: • ZAPATAS CORRIDAS	

VERIFICACIÓN DIMENSIONAMIENTO							
	COMPROBACIÓN	**CONFORME**		**S/O**	**CORRECCIÓN**	**COMPROBACIÓN CORRECCIÓN**	**ACLARACIONES/ ANOMALÍAS**
		SI	**NO**				
ZAPATAS CORRIDAS	CARGA Y/O ESFUERZO CONTROLADO						
	TENSIONES MEDIA Y MÁXIMA DEL TERRENO						
	COEFICIENTE DE SEGURIDAD A VUELCO						
	COMPROBACIÓN A FLEXIÓN						
	DIÁMETRO Y SEPARACIÓN ENTRE BARRAS						
	COMPROBACIÓN A ESFUERZO CORTANTE Y/O PUNZONAMIENTO						
	CONDICICIONES DE ANCLAJE DE LA PARRILLA						
	ANCLAJE Y SOLAPE DE LAS ESPERAS DE PILARES.						

	DESCRIPCIÓN	**REFERENCIA**
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 1005	*ZAPATAS CORRIDAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.*	*FECHA:*

CIMENTACIÓN POR ZAPATAS CORRIDAS

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

CONCLUSIONES

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.

- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.

- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.

- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.

- Conclusión Técnica.

- Detalles y/o elementos de Riesgo en Cimentación.

RECOMENDACIONES

- Recomendaciones que pueden ser de utilidad para la revisión del proyecto de estructura.

- Recomendaciones para la inspección de la ejecución de la cimentación.

L.C. 1006	*ZAPATAS CORRIDAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.*	*FECHA:*

CIMENTACIÓN POR ZAPATAS CORRIDAS.

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

REVISIÓN DE EJECUCIÓN							
	COMPROBACIÓN	**CONFORME**		**S/O**	**CORRECCIÓN**	**COMPROBACIÓN CORRECCIÓN**	**ACLARACIONES/ ANOMALÍAS**
		SI	**NO**				
REPLANTEO Y GEOMETRÍA	La orientación coincide con la del proyecto						
	El centro geométrico coincide con el del proyecto						
	La anchura coincide con la del proyecto						
	La longitud coincide con la del proyecto						
	Se han replanteado los pasos de instalaciones y evacuación						
MATERIALES HORMIGÓN	**FABRICADO EN LA CENTRAL**						
	El hormigón que se está empleando dispone de hoja de suministro						
	Constan todos los datos						
	La designación del hormigón coincide con la del proyecto						
	El contenido mínimo de cemento se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	La resistencia del hormigón se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	La relación a/c del hormigón se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	Desde la hora de su fabricación ha pasado menos de 1 h 30 m						
	FABRICADO EN LA OBRA						
	Se conocen las características de los materiales que se utilizan						
	Se dosifica de acuerdo con una formulación comprobada y autorizada						
MATERIALES BARRAS DE ACERO	El acero que se está utilizando dispone de hoja de suministro						
	Consta el tipo de acero						
	Se ha identificado el tipo y procedencia del acero						
	El tipo de acero coincide con el del proyecto						
	Todo el acero del elemento tiene el mismo límite elástico (es del mismo tipo)						
	Las barras están limpias						
	Las zonas curvadas NO presentan fisuras						
VERIFICACIONES PREVIAS	**EXCAVACIONES**						
	Las desviaciones geométricas del elemento excavado son < al 0,25 % y/o ±10 cm						
	La nivelación de las capas de compactado entra dentro de las tolerancias, y NO es superior a 30 mm						
	CIMIENTOS						
	En terrenos expansivos se han tomado las medidas previstas en el proyecto						
	El plan de soporte queda empotrado en el sustrato resistente un mínimo de 10 cm						
	Se ha ejecutado la parte de puesta en tierra correspondiente a los cimientos						
	MUROS DE HORMIGÓN						
	Los diámetros de pasos de servicio previstos son suficientes						

L.C. 1006	ZAPATAS CORRIDAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.	FECHA:

	COMPROBACIÓN	CONFORME SI	CONFORME NO	S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
COLOCACIÓN	**EXCAVACIONES**						
	Se toman medidas para evitar deslizamientos						
	El terreno coincide con el definido por el estudio geotécnico						
	Se tienen en cuenta las prescripciones del pliegue de condiciones del proyecto						
	Se impide la acumulación de agua en las zonas excavadas						
	ARMADOS PARA HORMIGÓN						
	Los diámetros de las barras se corresponden con los definidos en el proyecto						
	Los anclajes de las barras son correctos						
	Las distancias mínimas y máximas entre barras son correctas						
	El recubrimiento de los armados es correcto						
	Es correcto el doblez de los armados						
	SUJECIÓN						
	El atado de las barras se garantiza durante su transporte y montaje, y el vertido y compactado del hormigón						
	Los puntos de atado entre los armados son correctos sea por soldadura o con alambre						
	Para atar los armados se utiliza alambre de acero						
	La soldadura entre los armados es correcta						
	EMPALME PARA HORMIGÓN						
	Disposición de los empalmes de los armados según plano, o autorización de la DF						
	Los empalmes están lo más alejados posible de los armados que trabajan al máximo esfuerzo						
	Son correctos los empalmes de barras por encabalgamiento, soldadura o por medios						
	SEPARADORES						
	La distancia entre separadores está dentro de los máximos permitidos						
	Son de materiales aceptados por el EHE						
	CORTADO						
	El tipo de corte altera en una longitud significativa las características geométricas y mecánicas de los armados						
	Para barras de longitudes superiores a 6 m, ¿la tolerancia se encuentra entre 20 y 30 mm?						
	Para barras de longitud inferior o igual a 6 m, ¿la tolerancia es ±20 mm?						
ENCOFRADOS Y DESENCOFRADOS	**PUESTA EN OBRA DE LOS ENCOFRADOS**						
	Es estanco, rígido y de textura adecuada						
	Permite el encofrado la colocación de los armados						
	Se ha previsto el efecto de presiones del vertido y vibrado del hormigón						
	Se ha evitado la afectación de posibles elementos existentes						
	El desmoldeador que se utiliza cumple con los requisitos establecidos por la normativa						
	Impide el libre juego de juntas de proyecto de retracción, asentamiento o dilatación						
	MATERIAL						
	El material que se emplea cumple las especificaciones genéricas de los encofrados						
	Se ha tenido en cuenta la prohibición de moldes de aluminio en contacto con el hormigón						
	CONDICIONES ENCOFRADOS						
	Se ha mojado el encofrado de madera antes de hormigonar						
	Se ha aplicado producto desmoldeador en los encofrados metálicos						
	El elemento y el encofrado están limpios						

L.C. 1006	*ZAPATAS CORRIDAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.*	*FECHA:*

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
HORMIGONADO	Se toman las precauciones adecuadas para hormigonar en tiempo caluroso						
	Se toman las precauciones adecuadas para hormigonar en tiempo frío						
	Se toman las precauciones adecuadas para hormigonar en tiempo lluvioso						
	Al verter se evita la segregación del hormigón						
	Se compacta/vibra correctamente el hormigón						
	Curado. ¿Se establece el método y su duración?						
	Superficie de contacto limpia, húmeda y rugosa por la unión del hormigón nuevo con el ya vertido						
UNIONES DE ELEMENTOS	**GENÉRICOS**						
	Se dispone de planos de detalles de las uniones						
	Se evitan las uniones en las que se pueda acumular agua						
	HORMIGÓN-HORMIGÓN						
	Las esperas tienen el diámetro proyectado						
	Las esperas están colocadas según proyecto						
	Se ha tenido en cuenta la impermeabilización del arranque del elemento desde el cimiento						
	HORMIGÓN - PERFILES METÁLICOS						
	Las esperas se han colocado con plantilla						
	Las esperas cumplen las tolerancias						
	HORMIGÓN-CERÁMICA						
	Se ha tenido en cuenta la impermeabilización del arranque del muro						
	HORMIGÓN-BLOQUE						
	El soporte de forjado en el bloque se realiza mediante una cadena de hormigón						
	El acero de la espera es el del proyecto						
	Las esperas tienen la longitud marcada en el proyecto						
	HORMIGÓN-MADERA						
	Se ha colocado una barrera antihumedad entre el hormigón y la madera						
VERIFICACIONES POSTERIORES ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	Se cumplen las limitaciones establecidas por la normativa						

S/O: Sin observaciones

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 1006	***ZAPATAS CORRIDAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.***	*FECHA:*

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

L.C. 1007	ZAPATAS AISLADAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.	FECHA:

CIMENTACIÓN POR ZAPATAS AISLADAS

PROMOTOR:	CONSTRUCTORA:
REFERENCIA DOCUMENTO:	TÉCNICO REVISIÓN:

REVISIÓN DOCUMENTAL							
	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
DATOS PREVIOS	CONCORDANCIA ENTRE ESTUDIO GEOTECNICO Y SOLUCION DESCRITA EN PROYECTO						
	CONCORDANCIA ENTRE PROYECTO CON PLANOS DE CIMENTACIÓN						
	CUADRO DE CARGAS A CIMENTACIÓN						
	VALORACION PROGRAMA DE CÁLCULO						
	EMPRESA FIRMANTE ANEJO DE CÁLCULO						
DISEÑO CIMENTACIÓN	DEFINICIÓN DEL PLANO BASE DE LA CIMENTACIÓN						
	CUMPLE CON NCSE-02						
	CALIDAD DEL HORMIGÓN						
	CALIDAD DEL ACERO						
	NIVEL DE CONTROL						
	COEFICIENTES DE SEGURIDAD						
	RECUBRIMIENTOS						
EJECUCION CIMENTACIÓN	METODOS DE REBAJAMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO						
	INTERACCION DE CIMENTACIÓN CON PUNTOS SINGULARES						
	POZOS. SISTEMA DE SOSTENIMIENTO Y PROC. RELLENO						
PLANOS CIMENTACIÓN	REPLANTEO CIMENTACIÓN. ACOTADO A EJES PILARES						
	COTAS PLANO CIMENTACIÓN.						
	NIVEL FREÁTICO						
	CUADRO ZAPATAS						
	CUADRO CARACTERÍSTICAS MATERIALES						
	NIVEL DE CONTROL. COEF. SEGURIDAD						
	TENSIÓN ADMISIBLE TERRENO						
	CUADRO LONGITUDES DE ANCLAJE-SOLAPE						
	CUADRO ESPERA DE PILARES						
	CUADRO DE CARGAS DE CIMENTACIÓN						
	DETALLES DE PLANOS DE CIMENTACIÓN						

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

S/O: Sin observaciones

L.C. 1007	*ZAPATAS AISLADAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.*	*FECHA:*

CIMENTACIÓN POR ZAPATAS AISLADAS

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

ELEMENTOS VERIFICADOS:

- ZAPATAS AISLADAS
- VIGAS DE ATADO
- VIGAS CENTRADORAS

VERIFICACIÓN DIMENSIONAMIENTO

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
ZAPATAS AISLADAS	CARGA Y/O ESFUERZO CONTROLADO						
	TENSIONES MEDIA Y MÁXIMA DEL TERRENO						
	COEFICIENTE DE SEGURIDAD A VUELCO						
	COMPROBACIÓN A FLEXIÓN						
	DIÁMETRO Y SEPARACIÓN ENTRE BARRAS						
	COMPROBACIÓN A ESFUERZO CORTANTE Y/O PUNZONAMIENTO						
	CONDICICIONES DE ANCLAJE DE LA PARRILLA						
	ANCLAJE Y SOLAPE DE LAS ESPERAS DE PILARES.						
VIGAS DE ATADO	DIMENSIONES MÍNÍMAS						
	DIÁMETROS UTILIZADOS Y SEPARACIÓN ENTRE BARRAS						
	COMPROBACIÓN A AXIL						
	CONDICIONES DE ANCLAJE DE LA ARMADURA						
VIGAS CENTRADORAS	DIÁMETROS UTILIZADOS Y SEPARACIÓN ENTRE BARRAS						
	COMPROBACIÓN DE LA CUANTÍA GEOMÉTRICA MÍNIMA CARA TRACCIONADA						
	CUANTÍA MÍNIMA A FLEXIÓN						
	COMPROBACIÓN A FLEXIÓN						
	CONDICIONES DE ANCLAJE DE LA ARMADURA						

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 1007	ZAPATAS AISLADAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.	FECHA:

CIMENTACIÓN POR ZAPATAS AISLADAS

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

CONCLUSIONES

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica.
- Detalles y/o elementos de Riesgo en Cimentación.

RECOMENDACIONES

- Recomendaciones que pueden ser de utilidad para la revisión del proyecto de estructura.
- Recomendaciones para la inspección de la ejecución de la cimentación.

L.C. 1008	ZAPATAS AISLADAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.	FECHA:

CIMENTACIÓN POR ZAPATAS AISLADAS.

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**
ELEMENTOS VERIFICADOS: ZAPATAS AISLADAS, VIGAS DE ATADO, VIGAS CENTRADORAS.	

REVISIÓN DE EJECUCIÓN

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
REPLANTEO Y GEOMETRÍA	La orientación coincide con la del proyecto						
	El centro geométrico coincide con el del proyecto						
	La anchura coincide con la del proyecto						
	La longitud coincide con la del proyecto						
	Se han replanteado los pasos de instalaciones y evacuación						
MATERIALES HORMIGÓN	**FABRICADO EN LA CENTRAL**						
	El hormigón que se está empleando dispone de hoja de suministro						
	Constan todos los datos						
	La designación del hormigón coincide con la del proyecto						
	El contenido mínimo de cemento se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	La resistencia del hormigón se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	La relación a/c del hormigón se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	Desde la hora de su fabricación ha pasado menos de 1 h 30 m						
	FABRICADO EN LA OBRA						
	Se conocen las características de los materiales que se utilizan						
	Se dosifica de acuerdo con una formulación comprobada y autorizada						
MATERIALES BARRAS DE ACERO	El acero que se está utilizando dispone de hoja de suministro						
	Consta el tipo de acero						
	Se ha identificado el tipo y procedencia del acero						
	El tipo de acero coincide con el del proyecto						
	Todo el acero del elemento tiene el mismo límite elástico (es del mismo tipo)						
	Las barras están limpias						
	Las zonas curvadas NO presentan fisuras						
VERIFICACIONES PREVIAS	**EXCAVACIONES**						
	Las desviaciones geométricas del elemento excavado son < al 0,25 % y/o ±10 cm						
	La nivelación de las capas de compactado entra dentro de las tolerancias, y NO es superior a 30 mm						
	CIMIENTOS						
	En terrenos expansivos se han tomado las medidas previstas en el proyecto						
	El plan de soporte queda empotrado en el sustrato resistente un mínimo de 10 cm						
	Se ha ejecutado la parte de puesta en tierra correspondiente a los cimientos						
	MUROS DE HORMIGÓN						
	Los diámetros de pasos de servicio previstos son suficientes						

L.C. 1008	ZAPATAS AISLADAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.	FECHA:

	COMPROBACIÓN	CONFORME SI	CONFORME NO	S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
COLOCACIÓN	**EXCAVACIONES**						
	Se toman medidas para evitar deslizamientos						
	El terreno coincide con el definido por el estudio geotécnico						
	Se tienen en cuenta las prescripciones del pliegue de condiciones del proyecto						
	Se impide la acumulación de agua en las zonas excavadas						
	ARMADOS PARA HORMIGÓN						
	Los diámetros de las barras se corresponden con los definidos en el proyecto						
	Los anclajes de las barras son correctos						
	Las distancias mínimas y máximas entre barras son correctas						
	El recubrimiento de los armados es correcto						
	Es correcto el doblez de los armados						
	SUJECIÓN						
	El atado de las barras se garantiza durante su transporte y montaje, y el vertido y compactado del hormigón						
	Los puntos de atado entre los armados son correctos sea por soldadura o con alambre						
	Para atar los armados se utiliza alambre de acero						
	La soldadura entre los armados es correcta						
	EMPALME PARA HORMIGÓN						
	Disposición de los empalmes de los armados según plano, o autorización de la DF						
	Los empalmes están lo más alejados posible de los armados que trabajan al máximo esfuerzo						
	Son correctos los empalmes de barras por encabalgamiento, soldadura o por medios						
	SEPARADORES						
	La distancia entre separadores está dentro de los máximos permitidos						
	Son de materiales aceptados por el EHE						
	CORTADO						
	El tipo de corte altera en una longitud significativa las características geométricas y mecánicas de los armados						
	Para barras de longitudes superiores a 6 m, ¿la tolerancia se encuentra entre 20 y 30 mm?						
	Para barras de longitud inferior o igual a 6 m, ¿la tolerancia es ±20 mm?						
ENCOFRADOS Y DESENCOFRADOS	**PUESTA EN OBRA DE LOS ENCOFRADOS**						
	Es estanco, rígido y de textura adecuada						
	Permite el encofrado la colocación de los armados						
	Se ha previsto el efecto de presiones del vertido y vibrado del hormigón						
	Se ha evitado la afectación de posibles elementos existentes						
	El desmoldeador que se utiliza cumple con los requisitos establecidos por la normativa						
	Impide el libre juego de juntas de proyecto de retracción, asentamiento o dilatación						
	MATERIAL						
	El material que se emplea cumple las especificaciones genéricas de los encofrados						
	Se ha tenido en cuenta la prohibición de moldes de aluminio en contacto con el hormigón						
	CONDICIONES ENCOFRADOS						
	Se ha mojado el encofrado de madera antes de hormigonar						
	Se ha aplicado producto desmoldeador en los encofrados metálicos						
	El elemento y el encofrado están limpios						

L.C. 1008	*ZAPATAS AISLADAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.*	*FECHA:*

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
HORMIGONADO	Se toman las precauciones adecuadas para hormigonar en tiempo caluroso						
	Se toman las precauciones adecuadas para hormigonar en tiempo frío						
	Se toman las precauciones adecuadas para hormigonar en tiempo lluvioso						
	Al verter se evita la segregación del hormigón						
	Se compacta/vibra correctamente el hormigón						
	Curado. ¿Se establece el método y su duración?						
	Superficie de contacto limpia, húmeda y rugosa por la unión del hormigón nuevo con el ya vertido						
UNIONES DE ELEMENTOS	**GENÉRICOS**						
	Se dispone de planos de detalles de las uniones						
	Se evitan las uniones en las que se pueda acumular agua						
	HORMIGÓN-HORMIGÓN						
	Las esperas tienen el diámetro proyectado						
	Las esperas están colocadas según proyecto						
	Se ha tenido en cuenta la impermeabilización del arranque del elemento desde el cimiento						
	HORMIGÓN - PERFILES METÁLICOS						
	Las esperas se han colocado con plantilla						
	Las esperas cumplen las tolerancias						
	HORMIGÓN-CERÁMICA						
	Se ha tenido en cuenta la impermeabilización del arranque del muro						
	HORMIGÓN-BLOQUE						
	El soporte de forjado en el bloque se realiza mediante una cadena de hormigón						
	El acero de la espera es el del proyecto						
	Las esperas tienen la longitud marcada en el proyecto						
	HORMIGÓN-MADERA						
	Se ha colocado una barrera antihumedad entre el hormigón y la madera						
VERIFICACIONES POSTERIORES ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	Se cumplen las limitaciones establecidas por la normativa						

S/O: Sin observaciones

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 1008	ZAPATAS AISLADAS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.	FECHA:

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES

L.C. 2001	*MUROS PANTALLA. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.*	*FECHA:*

ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN. MUROS PANTALLA

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

REVISIÓN DOCUMENTAL							
	COMPROBACIÓN	**CONFORME**		**S/O**	**CORRECCIÓN**	**COMPROBACIÓN CORRECCIÓN**	**ACLARACIONES/ ANOMALÍAS**
		SI	**NO**				
DATOS PREVIOS	CONCORDANCIA ENTRE ESTUDIO GEOTECNICO Y SOLUCION DESCRITA EN PROYECTO						
	CONCORDANCIA ENTRE PROYECTO CON PLANOS DE CIMENTACIÓN						
	CUADRO DE CARGAS A CIMENTACIÓN						
	VALORACION PROGRAMA DE CÁLCULO						
	EMPRESA FIRMANTE ANEJO DE CÁLCULO						
DISEÑO CIMENTACIÓN	DEFINICIÓN DEL PLANO BASE DE LA CIMENTACIÓN						
	CUMPLE CON NCSR-02						
	CALIDAD DEL HORMIGÓN						
	CALIDAD DEL ACERO						
	NIVEL DE CONTROL						
	COEFICIENTES DE SEGURIDAD						
	RECUBRIMIENTOS						
EJECUCION CIMENTACIÓN	METODOS DE REBAJAMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO						
	INTERACCION DE CIMENTACIÓN CON PUNTOS SINGULARES						
	POZOS. SISTEMA DE SOSTENIMIENTO Y PROC. RELLENO						
PLANOS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN	REPLANTEO ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN						
	COTAS PLANO CIMENTACIÓN						
	NIVEL FREÁTICO						
	ALZADO DE LOS MUROS						
	CUADRO CARACTERÍSTICAS MATERIALES						
	NIVEL DE CONTROL. COEF. SEGURIDAD						
	TENSIÓN ADMISIBLE TERRENO						
	CUADRO LONGITUDES DE ANCLAJE-SOLAPE						
	CUADRO DE CARGAS DE CIMENTACIÓN						
	DETALLES DE PLANOS DE CIMENTACIÓN						
	DETALLES UNIONES FORJADO/LOSA CIMENTACIÓN-MURO PANTALLA						
	VIGA DE CORONACIÓN DEL MURO PANTALLA						
	DETALLES DE PILARES NACIENTES EN CORONACIÓN DEL MURO						

	DESCRIPCIÓN	**REFERENCIA**
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

S/O: Sin observaciones

L.C. 2001	*MUROS PANTALLA. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.*	*FECHA:*

ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN. MUROS PANTALLA

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**
ELEMENTOS VERIFICADOS: • MUROS PANTALLA	

VERIFICACIÓN DIMENSIONAMIENTO							
	COMPROBACIÓN	**CONFORME**		**S/O**	**CORRECCIÓN**	**COMPROBACIÓN CORRECCIÓN**	**ACLARACIONES/ ANOMALÍAS**
		SI	**NO**				
MUROS PANTALLA	CARGA Y/O ESFUERZO CONTROLADO						
	TENSIONES EFECTUADAS POR EL TERRENO						
	COEFICIENTE DE SEGURIDAD A VUELCO						
	COMPROBACIÓN A FLEXIÓN						
	DIÁMETRO Y SEPARACIÓN ENTRE BARRAS						
	COMPROBACIÓN A ESFUERZO CORTANTE Y/O PUNZONAMIENTO						
	CONDICICIONES DE ANCLAJE DE LA PARRILLA						
	ANCLAJE Y SOLAPE DE LAS ESPERAS DEL MURO						
	ESPESOR DEL MURO						
	COMPROBACIÓN DE LA CUANTÍA GEOMÉTRICA MÍNIMA CARA TRACCIONADA						
	COMPROBACIÓN A FLEXIÓN						
	CAJEADO PARA ENTREGA DEL FORJADO Y CIMENTACIÓN						
	UNIONES MURO-FORJADO/CIMENTACIÓN						

	DESCRIPCIÓN	**REFERENCIA**
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 2001	***MUROS PANTALLA. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.***	*FECHA:*

ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN. MUROS PANTALLA

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

CONCLUSIONES

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica.

• Detalles y/o elementos de Riesgo en Cimentación.

RECOMENDACIONES

• Recomendaciones que pueden ser de utilidad para la revisión del proyecto de estructura.

• Recomendaciones para la inspección de la ejecución de la cimentación.

L.C. 2002	*MUROS PANTALLA. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.*	*FECHA:*

ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN. MUROS PANTALLA.

PROMOTOR:	CONSTRUCTORA:
REFERENCIA DOCUMENTO:	TÉCNICO REVISIÓN:

REVISIÓN DE EJECUCIÓN							
	COMPROBACIÓN	CONFORME SI	CONFORME NO	S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
REPLANTEO Y GEOMETRÍA	La orientación coincide con la del proyecto						
	El centro geométrico coincide con el del proyecto						
	La anchura coincide con la del proyecto						
	La longitud coincide con la del proyecto						
MATERIALES HORMIGÓN	**FABRICADO EN LA CENTRAL**						
	El hormigón que se está empleando dispone de hoja de suministro						
	Constan todos los datos						
	La designación del hormigón coincide con la del proyecto						
	El contenido mínimo de cemento se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	La resistencia del hormigón se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	La relación a/c del hormigón se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	Desde la hora de su fabricación ha pasado menos de 1 h 30 m						
	FABRICADO EN LA OBRA						
	Se conocen las características de los materiales que se utilizan						
	Se dosifica de acuerdo con una formulación comprobada y autorizada						
MATERIALES BARRAS DE ACERO	El acero que se está utilizando dispone de hoja de suministro						
	Consta el tipo de acero						
	Se ha identificado el tipo y procedencia del acero						
	El tipo de acero coincide con el del proyecto						
	Todo el acero del elemento tiene el mismo límite elástico (es del mismo tipo)						
	Las barras están limpias						
	Las zonas curvadas NO presentan fisuras						
LODOS	Es necesaria la utilización de lodos ventoniticos.						
	El lodo de estabilización cumple con los requisitos.						
VERIFICACIONES PREVIAS	Se han dispuesto las juntas previstas en el proyecto						
	Las juntas son estancas						
	Se ha realizado convenientemente el murete guía.						
COLOCACIÓN	**ARMADOS PARA HORMIGÓN**						
	Los diámetros de las barras se corresponden con los definidos en el proyecto						
	Los anclajes de las barras son correctos						
	Las distancias mínimas y máximas entre barras son correctas						
	El recubrimiento de los armados es correcto						
	Es correcto el doblez de los armados						
	SUJECIÓN						
	El atado de las barras se garantiza durante su transporte y montaje, y el vertido y compactado del hormigón						

L.C. 2002	*MUROS PANTALLA. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.*	*FECHA:*

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
COLOCACIÓN	Los puntos de atado entre los armados son correctos sea por soldadura o con alambre						
	Para atar los armados se utiliza alambre de acero						
	La soldadura entre los armados es correcta						
	EMPALME PARA HORMIGÓN						
	Disposición de los empalmes de los armados según plano, o autorización de la DF						
	Los empalmes están lo más alejados posible de los armados que trabajan al máximo esfuerzo						
	Son correctos los empalmes de barras por encabalgamiento, soldadura o por medios						
	SEPARADORES						
	La distancia entre separadores está dentro de los máximos permitidos						
	Son de materiales aceptados por el EHE						
	CORTADO						
	El tipo de corte altera en una longitud significativa las características geométricas y mecánicas de los armados						
	Para barras de longitudes superiores a 6 m, ¿la tolerancia se encuentra entre 20 y 30 mm?						
	Para barras de longitud inferior o igual a 6 m, ¿la tolerancia es ±20 mm?						
ENCOFRADOS	Se han colocado convenientemente las juntas entre muros.						
	Se ajustan los materiales empleados en las juntas a lo especificado en proyecto						
HORMIGONADO	Se toman las precauciones adecuadas para hormigonar en tiempo caluroso						
	Se toman las precauciones adecuadas para hormigonar en tiempo frío						
	Se toman las precauciones adecuadas para hormigonar en tiempo lluvioso						
	Al verter se evita la segregación del hormigón						
	Se compacta/vibra correctamente el hormigón						
	Curado. ¿Se establece el método y su duración?						
	Superficie de contacto limpia, húmeda y rugosa por la unión del hormigón nuevo con el ya vertido						
UNIONES DE ELEMENTOS	**GENÉRICOS**						
	Se dispone de planos de detalles de las uniones						
	Se evitan las uniones en las que se pueda acumular agua						
	HORMIGÓN-HORMIGÓN						
	Las esperas tienen el diámetro proyectado						
	Las esperas están colocadas según proyecto						
	Se ha tenido en cuenta la impermeabilización del arranque del elemento desde el cimiento						

L.C. 2002	*MUROS PANTALLA. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.*	*FECHA:*

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
UNIONES DE ELEMENTOS	HORMIGÓN - PERFILES METÁLICOS						
	Las esperas se han colocado con plantilla						
	Las esperas cumplen las tolerancias						
	HORMIGÓN-BLOQUE						
	El soporte de forjado en el bloque se realiza mediante una cadena de hormigón						
	El acero de la espera es el del proyecto						
	Las esperas tienen la longitud marcada en el proyecto						
VERIFICACIONES POSTERIORES ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	Se cumplen las limitaciones establecidas por la normativa						

S/O: Sin observaciones

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 2002	MUROS PANTALLA. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.	FECHA:

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES

L.C. 2003	PILOTES PREFABRICADOS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.	FECHA:

CIMENTACIÓN PROFUNDA MEDIANTE PILOTES PREFABRICADOS

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

REVISIÓN DOCUMENTAL

	COMPROBACIÓN	CONFORME SI	CONFORME NO	S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
DATOS PREVIOS	CONCORDANCIA ENTRE ESTUDIO GEOTECNICO Y SOLUCION DESCRITA EN PROYECTO						
	CONCORDANCIA ENTRE PROYECTO CON PLANOS DE CIMENTACIÓN						
	CUADRO DE CARGAS A CIMENTACIÓN						
	VALORACION PROGRAMA DE CÁLCULO						
	EMPRESA FIRMANTE ANEJO DE CÁLCULO						
DISEÑO CIMENTACIÓN	DEFINICIÓN DEL PLANO BASE DE LA CIMENTACIÓN						
	CUMPLE CON NCSE-02						
	CALIDAD DEL HORMIGÓN						
	CALIDAD DEL ACERO						
	NIVEL DE CONTROL						
	COEFICIENTES DE SEGURIDAD						
	RECUBRIMIENTOS						
EJECUCION CIMENTACIÓN	METODOS DE VACIADOS						
	METODOS DE REBAJAMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO						
	INTERACCION DE CIMENTACIÓN CON PUNTOS SINGULARES						
	POZOS. SISTEMA DE SOSTENIMIENTO Y PROC. RELLENO						
PLANOS CIMENTACIÓN	REPLANTEO CIMENTACIÓN. ACOTADO A EJES PILARES						
	COTAS PLANO CIMENTACIÓN.						
	NIVEL FREÁTICO						
	CUADRO ENCEPADOS Y PILOTES						
	CUADRO CARACTERÍSTICAS MATERIALES						
	NIVEL DE CONTROL. COEF. SEGURIDAD						
	TENSIÓN ADMISIBLE TERRENO						
	CUADRO LONGITUDES DE ANCLAJE-SOLAPE						
	CUADRO ESPERA DE PILARES						
	CUADRO DE CARGAS DE CIMENTACIÓN						
	DETALLES DE PLANOS DE CIMENTACIÓN						

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

S/O: Sin observaciones

L.C. 2003	***PILOTES PREFABRICADOS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.***	*FECHA:*

CIMENTACIÓN PROFUNDA MEDIANTE PILOTES PREFABRICADOS

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

ELEMENTOS VERIFICADOS:

- PILOTES PREFABRICADOS
- ENCEPADOS

VERIFICACIÓN DIMENSIONAMIENTO

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
PILOTES PREFABRICADOS	CARGA Y/O ESFUERZO CONTROLADO						
	NÚMERO DE PILOTES						
	DIÁMETRO DE LOS PILOTES						
	TENSIONES MEDIA Y MÁXIMA DEL TERRENO						
	COMPROBACIÓN A COMPRESIÓN						
	MÉTODO DE COLOCACIÓN						
	COMPROBACIÓN A ESFUERZO AXIL						
	CONDICIONES DE ANCLAJE DEL PILOTE						
	ANCLAJE Y SOLAPE DE LAS ESPERAS DE PILOTES Y PILARES.						
ENCEPADO	CARGAS Y ESFUERZOS						
	TENSIONES						
	DIMENSIONES MÍNÍMAS						
	DIÁMETROS UTILIZADOS Y SEPARACIÓN ENTRE BARRAS						
	CONDICIONES DE ANCLAJE DE LA ARMADURA						
	DIÁMETROS UTILIZADOS Y SEPARACIÓN ENTRE BARRAS						
	COMPROBACIÓN DE LA CUANTÍA GEOMÉTRICA MÍNIMA CARA TRACCIONADA						
	CUANTÍA MÍNIMA A FLEXIÓN						
	COMPROBACIÓN A FLEXIÓN						
	CONDICIONES DE ANCLAJE DE LA ARMADURA						
	CANTO TOTAL						

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSERVACIONES		

L.C. 2003	*PILOTES PREFABRICADOS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.*	*FECHA:*

CIMENTACIÓN PROFUNDA MEDIANTE PILOTES PREFABRICADOS

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

CONCLUSIONES

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica.

• Detalles y/o elementos de Riesgo en Cimentación.

RECOMENDACIONES

• Recomendaciones que pueden ser de utilidad para la revisión del proyecto de estructura.

• Recomendaciones para la inspección de la ejecución de la cimentación.

L.C. 2004	PILOTES PREFABRICADOS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.	FECHA:

CIMENTACIONES POR PILOTES PREFABRICADOS

PROMOTOR:	CONSTRUCTORA:
REFERENCIA DOCUMENTO:	TÉCNICO REVISIÓN:

REVISIÓN DE EJECUCIÓN

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
REPLANTEO Y GEOMETRÍA	La orientación coincide con la del proyecto						
	El centro geométrico coincide con el del proyecto						
MATERIALES HORMIGÓN	**ELEMENTOS PREFABRICADOS ARMADOS Y PRETENSADOS**						
	Se está en posesión de la documentación completa y de los certificados						
	El elemento coincide con la documentación, plano y/o autorización de uso						
	Los armados cumplen la distancia entre barras						
	Los armados cumplen el recubrimiento mínimo entre barras						
VERIFICACIONES PREVIAS	Pilotes. ¿Se cumplen las limitaciones establecidas en la normativa?						
COLOCACIÓN Y EJECUCIÓN	**PILOTAJE**						
	Comprobada la idoneidad del tipo de pilote según el definido en el proyecto						
	Se han tenido en cuenta las condiciones de ejecución para el pilotaje						
UNIONES DE ELEMENTOS	**GENÉRICOS**						
	Se dispone de planos de detalles de las uniones						
	Se evitan las uniones en las que se pueda acumular agua						
	HORMIGÓN-HORMIGÓN						
	Las esperas tienen el diámetro proyectado						
	Las esperas están colocadas según proyecto						
VERIFICACIONES POSTERIORES ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	**PILOTES**						
	Se está en posesión del parte firmado por la empresa constructora, de cada uno de los pilotes o micropilotes ejecutados						
	Se dispone de los resultados del ensayo de continuidad						

S/O: Sin observaciones

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 2004	***PILOTES PREFABRICADOS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.***	*FECHA:*

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

L.C. 2005	PILOTES "IN SITU". LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.	FECHA:

CIMENTACIÓN PROFUNDA MEDIANTE PILOTES "IN SITU".

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

REVISIÓN DOCUMENTAL							
	COMPROBACIÓN	**CONFORME**		**S/O**	**CORRECCIÓN**	**COMPROBACIÓN CORRECCIÓN**	**ACLARACIONES/ ANOMALÍAS**
		SI	**NO**				
DATOS PREVIOS	CONCORDANCIA ENTRE ESTUDIO GEOTECNICO Y SOLUCION DESCRITA EN PROYECTO						
	CONCORDANCIA ENTRE PROYECTO CON PLANOS DE CIMENTACIÓN						
	CUADRO DE CARGAS A CIMENTACIÓN						
	VALORACION PROGRAMA DE CÁLCULO						
	EMPRESA FIRMANTE ANEJO DE CÁLCULO						
DISEÑO CIMENTACIÓN	DEFINICIÓN DEL PLANO BASE DE LA CIMENTACIÓN						
	CUMPLE CON NCSE-02						
	CALIDAD DEL HORMIGÓN						
	CALIDAD DEL ACERO						
	NIVEL DE CONTROL						
	COEFICIENTES DE SEGURIDAD						
	RECUBRIMIENTOS						
EJECUCION CIMENTACIÓN	METODOS DE VACIADOS						
	METODOS DE REBAJAMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO						
	INTERACCION DE CIMENTACIÓN CON PUNTOS SINGULARES						
	POZOS. SISTEMA DE SOSTENIMIENTO Y PROC. RELLENO						
PLANOS CIMENTACIÓN	REPLANTEO CIMENTACIÓN. ACOTADO A EJES PILARES						
	COTAS PLANO CIMENTACIÓN.						
	NIVEL FREÁTICO						
	CUADRO ZAPATAS						
	CUADRO CARACTERÍSTICAS MATERIALES						
	NIVEL DE CONTROL. COEF. SEGURIDAD						
	TENSIÓN ADMISIBLE TERRENO						
	CUADRO LONGITUDES DE ANCLAJE-SOLAPE						
	CUADRO ESPERA DE PILARES						
	CUADRO DE CARGAS DE CIMENTACIÓN						
	DETALLES DE PLANOS DE CIMENTACIÓN						

	DESCRIPCIÓN	**REFERENCIA**
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

S/O: Sin observaciones

L.C. 2005	PILOTES "IN SITU". LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.	FECHA:

CIMENTACIÓN PROFUNDA MEDIANTE PILOTES "IN SITU".

PROMOTOR:	CONSTRUCTORA:
REFERENCIA DOCUMENTO:	TÉCNICO REVISIÓN:

ELEMENTOS VERIFICADOS:

- PILOTES "IN SITU"
- ENCEPADOS

VERIFICACIÓN DIMENSIONAMIENTO							
	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
PILOTES "IN SITU"	CARGA Y/O ESFUERZO CONTROLADO						
	NÚMERO DE PILOTES						
	DIÁMETRO DE LOS PILOTES						
	TENSIONES MEDIA Y MÁXIMA DEL TERRENO						
	COMPROBACIÓN A COMPRESIÓN						
	DIÁMETRO Y SEPARACIÓN ENTRE BARRAS						
	COMPROBACIÓN A ESFUERZO AXIL						
	CONDICICIONES DE ANCLAJE DEL PILOTE						
	ANCLAJE Y SOLAPE DE LAS ESPERAS DE PILOTES Y PILARES.						
ENCEPADO	CARGAS Y ESFUERZOS						
	TENSIONES						
	DIMENSIONES MÍNÍMAS						
	DIÁMETROS UTILIZADOS Y SEPARACIÓN ENTRE BARRAS						
	CONDICIONES DE ANCLAJE DE LA ARMADURA						
	DIÁMETROS UTILIZADOS Y SEPARACIÓN ENTRE BARRAS						
	COMPROBACIÓN DE LA CUANTÍA GEOMÉTRICA MÍNIMA CARA TRACCIONADA						
	CUANTÍA MÍNIMA A FLEXIÓN						
	COMPROBACIÓN A FLEXIÓN						
	CONDICIONES DE ANCLAJE DE LA ARMADURA						
	CANTO TOTAL						

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 2005	PILOTES "IN SITU". LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.	FECHA:

CIMENTACIÓN PROFUNDA MEDIANTE PILOTES "IN SITU".

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

CONCLUSIONES

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica.

• Detalles y/o elementos de Riesgo en Cimentación.

RECOMENDACIONES

• Recomendaciones que pueden ser de utilidad para la revisión del proyecto de estructura.

• Recomendaciones para la inspección de la ejecución de la cimentación.

L.C. 2006	*PILOTES "IN SITU". LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.*	*FECHA:*

CIMENTACIÓN PILOTES IN SITU.

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

REVISIÓN DE EJECUCIÓN

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
REPLANTEO Y GEOMETRÍA	La orientación coincide con la del proyecto						
	El centro geométrico coincide con el del proyecto						
MATERIALES HORMIGÓN	**FABRICADO EN LA CENTRAL**						
	El hormigón que se está empleando dispone de hoja de suministro						
	Constan todos los datos						
	La designación del hormigón coincide con la del proyecto						
	El contenido mínimo de cemento se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	La resistencia del hormigón se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	La relación a/c del hormigón se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	Desde la hora de su fabricación ha pasado menos de 1 h 30 m						
	FABRICADO EN LA OBRA						
	Se conocen las características de los materiales que se utilizan						
	Se dosifica de acuerdo con una formulación comprobada y autorizada						
MATERIALES BARRAS DE ACERO	El acero que se está utilizando dispone de hoja de suministro						
	Consta el tipo de acero						
	Se ha identificado el tipo y procedencia del acero						
	El tipo de acero coincide con el del proyecto						
	Todo el acero del elemento tiene el mismo límite elástico (es del mismo tipo)						
	Las barras están limpias						
	Las zonas curvadas NO presentan fisuras						
LODOS	El lodo de estabilización cumple con los requisitos.						
VERIFICACIONES PREVIAS	Pilotes. ¿Se cumplen las limitaciones establecidas en la normativa?						
COLOCACIÓN Y EJECUCIÓN	**ARMADOS PARA PILOTAJES**						
	En el armado longitudinal, ¿el encabalgamiento mínimo es de 40 cm?						
	En el armado transversal de círculos, ¿el encabalgamiento mínimo es de 8 cm?						
	PILOTAJE						
	Comprobada la idoneidad del tipo de pilote según el definido en el proyecto						
	Se han tenido en cuenta las condiciones de ejecución para el pilotaje						
UNIONES DE ELEMENTOS	**GENÉRICOS**						
	Se dispone de planos de detalles de las uniones						
	Se evitan las uniones en las que se pueda acumular agua						
	HORMIGÓN-HORMIGÓN						
	Las esperas tienen el diámetro proyectado						
	Las esperas están colocadas según proyecto						

L.C. 2006	*PILOTES "IN SITU". LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.*	*FECHA:*

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
VERIFICACIONES POSTERIORES	**PILOTES**						
	Se está en posesión del parte firmado por la empresa constructora, de cada uno de los pilotes ejecutados						
	Se dispone de los resultados del ensayo de continuidad						

S/O: Sin observaciones

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 2006	***PILOTES "IN SITU". LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.***	*FECHA:*

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES

L.C. 3001	**TABLESTACADOS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.**	*FECHA:*

TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECIALES. TABLESTACADOS.

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

REVISIÓN DOCUMENTAL							
	COMPROBACIÓN	**CONFORME**		**S/O**	**CORRECCIÓN**	**COMPROBACIÓN CORRECCIÓN**	**ACLARACIONES/ ANOMALÍAS**
		SI	**NO**				
DATOS PREVIOS	CONCORDANCIA ENTRE ESTUDIO GEOTECNICO Y SOLUCION DESCRITA EN PROYECTO						
	CONCORDANCIA ENTRE PROYECTO Y PLANOS						
	INTERFERENCIA OTRAS ESTRUCTURAS O INSTALACIONES						
	ANTECEDENTES OTROS TRABAJOS SIMILARES						
	OBJETIVOS A CUMPLIR						
	EXISTEN PROBLEMAS DE CORROSIÓN O ABRASIÓN						
	LA CLIMATOLOGÍA ES ADECUADA						
TABLESTACADOS	DEFINICIÓN DEL PLANO BASE DE LOS TRABAJOS						
	CUMPLE CON NORMATIVA DE APLICACIÓN						
	CALIDAD MATERIALES. CUMPLEN NORMATIVA						
	SI LAS TABLESTACAS SON DE MADERA, SON DE ALTA DURABILIDAD O ESTÁN DEBIDAMENTE IMPREGNADAS						
	TÉCNICA TRABAJO ELEGIDA						
	DEFINICIÓN SECUENCIA DE TRABAJO						
	LA EXCAVACIÓN Y EL RELLENO ES CORRECTO						
	NIVEL FREÁTICO						
	SOBRECARGAS						
	LÍMITES DESPLAZAMIENTOS						
	METODOS UNIÓN JUNTAS						
	CALIDAD SOLDADURAS						
	PROCEDIMIENTO HINCA						
	ENSAYOS PREVIOS						
	AYUDAS A LA HINCA						
	FORMA DEL AZUCHE						
	NECESIDAD DE PUNTALES O ANCLAJES						
	RECUBRIMIENTOS FINALES Y SELLANTES						
	PROCESO EXTRACCIÓN TABLESTACAS						
	ASIENTOS						
	DESPLAZAMIENTOS						
	VIBRACIONES						

L.C. 3001	***TABLESTACADOS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.***	*FECHA:*

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

S/O: Sin observaciones

TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECIALES. TABLESTACADOS.

PROMOTOR:	CONSTRUCTORA:
REFERENCIA DOCUMENTO:	TÉCNICO REVISIÓN:

ELEMENTOS VERIFICADOS:

- TABLESTACADOS

VERIFICACIÓN DIMENSIONAMIENTO							
	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
	SE DEFINE TIPO TABLESTACA						
	TIPO DE UNION ENTRE TABLESTACAS						
	SE CUMPLEN TOLERANCIAS						
	PROFUNDIDAD A ALCANZAR						
	NECESIDAD Y TIPO DE ANCLAJES						
	DEFINICIÓN VOLUMENES ZONA A TRATAR						
	INCLINACIÓN						
	ORIENTACIÓN						

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 3001	***TABLESTACADOS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.***	*FECHA:*

TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECIALES. TABLESTACADOS.

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

L.C. 3001	***TABLESTACADOS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.***	*FECHA:*

CONCLUSIONES

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica.

• Detalles y/o elementos de Riesgo en los trabajos.

RECOMENDACIONES

• Recomendaciones que pueden ser de utilidad para revisiones posteriores.

• Recomendaciones para la inspección de la ejecución de trabajos posteriores.

L.C. 3002	TABLESTACADOS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.	FECHA:

TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECIALES. TABLESTACADOS.

PROMOTOR:	CONSTRUCTORA:
REFERENCIA DOCUMENTO:	TÉCNICO REVISIÓN:

REVISIÓN DE EJECUCIÓN

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
REPLANTEO Y GEOMETRÍA	La orientación coincide con la del proyecto						
	El centro geométrico coincide con el del proyecto						
GENERALIDADES							
	La ejecución es conforma a proyecto.						
	Constan todos los datos						
	El lugar está preparado para los trabajos.						
	Las tablestacas llevan referencia						
	Cumplen los materiales lo descrito en proyecto						
TABLESTACAS	El almacenamiento, separación y marcado de las tablestacas es correcto.						
	Longitud tablestacas						
	Rigidez tablestacas.						
	Dispositivos de manipulación						
	Personal de manipulación.						
LODOS	El lodo de estabilización cumple con los requisitos.						
VERIFICACIONES PREVIAS	Tablestacados. ¿Se cumplen las limitaciones establecidas en la normativa?						
COLOCACIÓN Y EJECUCIÓN	**ACERO**						
	Las soldaduras y cortes son correctos y no afectan a las condiciones del elemento						
	Distancia conector y cordón soldadura< 300mm						
	Electrodos.						
	El material de soldadura tiene características mecánicas = material base						
	Temperatura soldaduras < 250º para segunda capa						
	Precalentamiento > 75 mm						
	Soldadura a tope. Junta soldada.						
	Distancia soldaduras entre tablestaca > 0,5 m						
	Sección tablestaca						
	Placas de unión biseladas						
	Refuerzo tablestaca						

PROCESO HINCA	Tipología de trabajo						
	Disponemos de la documentación necesaria para una correcta ejecución.						
	Antecedentes otros trabajos o ensayos previos						
	Posición en planta y verticalidad						
	Posibles daños						
	Permeabilidad						

L.C. 3002	*TABLESTACADOS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.*	*FECHA:*

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
PROCESO HINCA	La secuencia de hinca es correcta						
	Se alcanza la capacidad portante						
	Se utilizan las estructuras de guías necesarias						
	Sombreretes de hinca						
	¿Nivel punta tablestaca>250 mm de nivel proyecto?						
	¿Nivel cabeza tablestaca>< 50 mm nivel proyecto?						
	Inclinación transversal o longitudinal						
	Sellado agujeros anclaje						

VERIFICACIONES POSTERIORES	Nivel freático final.						
	Pruebas de carga						
	Velocidad de penetración						
	Velocidad de penetración último metro						
	Niveles vibración y ruido						
	Desplazamiento horizontal						
	Separación tablestacas						

S/O: Sin observaciones

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 3002	***TABLESTACADOS. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.***	*FECHA:*

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES

L.C. 3003	INYECCIÓN. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.	FECHA:

TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECIALES. INYECCIÓN.

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

REVISIÓN DOCUMENTAL							
	COMPROBACIÓN	**CONFORME**		**S/O**	**CORRECCIÓN**	**COMPROBACIÓN CORRECCIÓN**	**ACLARACIONES/ ANOMALÍAS**
		SI	**NO**				
DATOS PREVIOS	CONCORDANCIA ENTRE ESTUDIO GEOTECNICO Y SOLUCION DESCRITA EN PROYECTO						
	CONCORDANCIA ENTRE PROYECTO Y PLANOS						
	INTERFERENCIA OTRAS ESTRUCTURAS						
	ANTECEDENTES OTROS TRABAJOS SIMILARES						
	OBJETIVOS A CUMPLIR						
INYECCIÓN GENERALIDADES	DEFINICIÓN DEL PLANO BASE DE LOS TRABAJOS						
	CUMPLE CON NORMATIVA DE APLICACIÓN						
	CALIDAD MATERIALES						
	TIPO DE PERFORACIONES						
	UBICACIÓN PERFORACIONES						
	FORMA Y VOLUMEN ZONA A TRATAR						
	TÉCNICA INYECCIÓN ELEGIDA						
	LOCALIZACIÓN DE LAS INYECCIONES						
	NIVEL DE CONTROL. COEF. SEGURIDAD						
	TENSIÓN ADMISIBLE TERRENO						
	NIVEL FREÁTICO						
	RECUBRIMIENTOS						
	COEFICIENTES DE SEGURIDAD						
	NIVEL DE CONTROL						
LECHADA	LA MEZCLA ES ADECUADA PARA LA INYECCIÓN ELEGIDA						
	LOS TIEMPOS DE COLOCACIÓN ESTÁN CLAROS						
	TIEMPO ENDURECIMIENTO Y FRAGUADO						
	RESISTENCIA A COMPRESIÓN						
	RESISTENCIA A CIZALLAMIENTO						
	DENSIDAD, VISCOSIDAD Y RIGIDEZ						
	DIMENSIONES DE LOS SÓLIDOS						
	VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN						

	DESCRIPCIÓN	**REFERENCIA**
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

S/O: Sin observaciones

L.C. 3003	*INYECCIÓN. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.*	*FECHA:*

TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECIALES. INYECCIÓN.

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**
ELEMENTOS VERIFICADOS: • INYECCIONES	

VERIFICACIÓN DIMENSIONAMIENTO							
	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
PERFORACIONES	FORMA Y VOLUMEN ZONA A TRATAR						
	POSICIÓN PERFORACIONES						
	SE CUMPLEN TOLERANCIAS						
	NÚMERO DE PERFORACIONES						
	PROFUNDIDAD A ALCANZAR						
	DIÁMETRO						
	INCLINACIÓN						
	ORIENTACIÓN						

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 3003	*INYECCIÓN. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.*	*FECHA:*

TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECIALES. INYECCIÓN.

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

CONCLUSIONES

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica.

• Detalles y/o elementos de Riesgo en los trabajos.

RECOMENDACIONES

• Recomendaciones que pueden ser de utilidad para revisiones posteriores.

• Recomendaciones para la inspección de la ejecución de trabajos posteriores.

L.C. 3004	***INYECCIÓN. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.***	*FECHA:*

TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECIALES. INYECCIÓN.

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

REVISIÓN DE EJECUCIÓN

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
REPLANTEO Y GEOMETRÍA	La orientación coincide con la del proyecto						
	El centro geométrico coincide con el del proyecto						
MATERIALES LECHADA MORTERO							
	Componentes lechada.						
	Constan todos los datos						
	Tiempos de fabricación, comienzo y final de inyección						
	Caudal lechada						
	Volumen lechada						
	Presión de inyección						
	Cumplen los materiales lo descrito en proyecto						
	Resistencia a compresión						
	Exudación y reducción de volumen						
	Viscosidad cono March						
LODOS	El lodo de estabilización cumple con los requisitos. Hidratación.						
VERIFICACIONES PREVIAS	Inyecciones. ¿Se cumplen las limitaciones establecidas en la normativa?						
COLOCACIÓN Y EJECUCIÓN	**PERFORACIONES**						
	Orientación Y ángulos						
	Espaciamiento						
	INYECCIÓN						
	Comprobada la idoneidad del tipo y técnica de inyección según lo definido en el proyecto						
	Se han tenido en cuenta las condiciones de ejecución para las inyecciones.						
	Fase inyección baja presión final						
UNIONES DE ELEMENTOS	**GENÉRICOS**						
	Se dispone de planos de detalles de las uniones						
	Se evitan las uniones en las que se pueda acumular agua						
	HORMIGÓN-HORMIGÓN						
	Las esperas tienen el diámetro proyectado						
	Las esperas están colocadas según proyecto						

L.C. 3004	INYECCIÓN. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.	FECHA:

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
VERIFICACIONES POSTERIORES	**INYECCIÓN**						
	Se está en posesión del parte firmado por la empresa constructora, de cada una de las perforaciones e inyecciones realizadas.						
	Se dispone de los resultados del ensayo de inyectabilidad.						

S/O: Sin observaciones

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 3004	*INYECCIÓN. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.*	*FECHA:*

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

L.C. 3005	JET GROUTING. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.	FECHA:

TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECIALES. JET GROUTING.

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

REVISIÓN DOCUMENTAL							
	COMPROBACIÓN	**CONFORME**		**S/O**	**CORRECCIÓN**	**COMPROBACIÓN CORRECCIÓN**	**ACLARACIONES/ ANOMALÍAS**
		SI	**NO**				
DATOS PREVIOS	CONCORDANCIA ENTRE ESTUDIO GEOTECNICO Y SOLUCION DESCRITA EN PROYECTO						
	CONCORDANCIA ENTRE PROYECTO Y PLANOS						
	INTERFERENCIA OTRAS ESTRUCTURAS						
	ANTECEDENTES OTROS TRABAJOS SIMILARES						
	OBJETIVOS A CUMPLIR						
JET GROUTING GENERALIDADES	DEFINICIÓN DEL PLANO BASE DE LOS TRABAJOS						
	CUMPLE CON NORMATIVA DE APLICACIÓN						
	CALIDAD MATERIALES						
	DE HABER ALTOS ESFUERZOS, ¿ESTÁN ESTUDIADOS Y PREVISTOS?						
	UBICACIÓN PERFORACIONES						
	FORMA Y VOLUMEN ZONA A TRATAR						
	TÉCNICA TRABAJO ELEGIDA						
	LOCALIZACIÓN DE LAS INYECCIONES						
	NIVEL DE CONTROL. COEF. SEGURIDAD						
	TENSIÓN ADMISIBLE TERRENO						
	NIVEL FREÁTICO						
	RECUBRIMIENTOS						
	COEFICIENTES DE SEGURIDAD						
	ENSAYO PREVIO						
	LÍMITES DE ASENTAMIENTO Y DESPLAZAMIENTO						
	LOS TIEMPOS DE COLOCACIÓN ESTÁN CLAROS						
	TIEMPO ENDURECIMIENTO Y FRAGUADO						
	RESISTENCIA A COMPRESIÓN						
	DIMENSIONES MÍNIMAS DE ELEMENTOS INYECTADOS						
	DENSIDAD, VISCOSIDAD Y RIGIDEZ						
	DIMENSIONES DE LOS SÓLIDOS						
	VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN						

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

S/O: Sin observaciones

L.C. 3005	***JET GROUTING. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.***	*FECHA:*

TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECIALES. JET GROUTING.

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**
ELEMENTOS VERIFICADOS: • JET GROUTING	

VERIFICACIÓN DIMENSIONAMIENTO							
	COMPROBACIÓN	**CONFORME**		**S/O**	**CORRECCIÓN**	**COMPROBACIÓN CORRECCIÓN**	**ACLARACIONES/ ANOMALÍAS**
		SI	**NO**				
PERFORACIONES	FORMA Y VOLUMEN ZONA A TRATAR						
	POSICIÓN PERFORACIONES						
	SE CUMPLEN TOLERANCIAS						
	NÚMERO DE PERFORACIONES						
	PROFUNDIDAD A ALCANZAR						
	DIÁMETRO						
	INCLINACIÓN						
	ORIENTACIÓN						

	DESCRIPCIÓN	**REFERENCIA**
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 3005	***JET GROUTING. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.***	*FECHA:*

TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECIALES. JET GROUTING.

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

CONCLUSIONES

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica.
- Detalles y/o elementos de Riesgo en los trabajos.

RECOMENDACIONES

- Recomendaciones que pueden ser de utilidad para revisiones posteriores.
- Recomendaciones para la inspección de la ejecución de trabajos posteriores.

L.C. 3006	JET GROUTIG. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.	FECHA:

TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECIALES. JET GROUTING.

PROMOTOR:	CONSTRUCTORA:
REFERENCIA DOCUMENTO:	TÉCNICO REVISIÓN:

REVISIÓN DE EJECUCIÓN							
	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
REPLANTEO Y GEOMETRÍA	La orientación coincide con la del proyecto						
	El centro geométrico coincide con el del proyecto						
INYECCIÓN							
	Componentes lechada. Relación a/c						
	Constan todos los datos						
	Tiempos de fabricación, comienzo y final de inyección						
	Caudal lechada						
	Volumen lechada						
	Presión de inyección						
	Cumplen los materiales lo descrito en proyecto						
	Resistencia a compresión						
	Exudación y reducción de volumen						
	Viscosidad cono March						
LODOS	El lodo de estabilización cumple con los requisitos. Hidratación.						
VERIFICACIONES PREVIAS	Jet Grouting. ¿Se cumplen las limitaciones establecidas en la normativa?						
COLOCACIÓN Y EJECUCIÓN	**PERFORACIONES**						
	Orientación Y ángulos						
	Espaciamiento						
	INYECCIÓN						
	Comprobada la idoneidad del tipo y técnica de inyección según lo definido en el proyecto						
	Se han tenido en cuenta las condiciones de ejecución para las inyecciones.						
	Fase inyección baja presión final						
MÁQUINA INYECCIÓN	Longitud varillaje.						
	Características de las toberas						
	Presión de impulsión						
	Velocidad salida chorro						
	Velocidad de retirada y giro de varillaje.						
	Diámetro cilindros bomba de inyección						

JET GROUTING	Tipología de trabajo						
	¿El equipo de inyección es el adecuado?						
	Desviación perforaciones y ejes de las mismas						
	Disponemos de la documentación necesaria para una correcta ejecución.						
	Especificaciones planta inyección						
	Informa de los ensayos preliminares						

L.C. 3006	JET GROUTIG. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.	FECHA:

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
VERIFICACIONES POSTERIORES	**JET GROUTING**						
	Se está en posesión del parte firmado por la empresa constructora, de cada una de las perforaciones e inyecciones realizadas.						
	Se realizan los ensayos de viscosidad, densidad y decantación.						
	Se estudia el material sobrante.						

S/O: Sin observaciones

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 3006	***JET GROUTIG. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.***	*FECHA:*

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

L.C. 3007	MICROPILOTES. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.	FECHA:

TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECIALES. MICROPILOTES.

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

REVISIÓN DOCUMENTAL							
	COMPROBACIÓN	**CONFORME**		**S/O**	**CORRECCIÓN**	**COMPROBACIÓN CORRECCIÓN**	**ACLARACIONES/ ANOMALÍAS**
		SI	**NO**				
DATOS PREVIOS	CONCORDANCIA ENTRE ESTUDIO GEOTECNICO Y SOLUCION DESCRITA EN PROYECTO						
	CONCORDANCIA ENTRE PROYECTO CON PLANOS DE CIMENTACIÓN						
	CUADRO DE CARGAS A CIMENTACIÓN						
	VALORACION PROGRAMA DE CÁLCULO						
	EMPRESA FIRMANTE ANEJO DE CÁLCULO						
DISEÑO CIMENTACIÓN	DEFINICIÓN DEL PLANO BASE DE LA CIMENTACIÓN						
	CUMPLE CON NCSE-02						
	CALIDAD DEL HORMIGÓN						
	CALIDAD DEL ACERO						
	NIVEL DE CONTROL						
	COEFICIENTES DE SEGURIDAD						
	RECUBRIMIENTOS						
EJECUCION CIMENTACIÓN	METODOS DE VACIADOS						
	METODOS DE REBAJAMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO						
	INTERACCION DE CIMENTACIÓN CON PUNTOS SINGULARES						
	POZOS. SISTEMA DE SOSTENIMIENTO Y PROC. RELLENO						
PLANOS CIMENTACIÓN	REPLANTEO CIMENTACIÓN. ACOTADO A EJES PILARES						
	COTAS PLANO CIMENTACIÓN.						
	NIVEL FREÁTICO						
	CUADRO ZAPATAS						
	CUADRO CARACTERÍSTICAS MATERIALES						
	NIVEL DE CONTROL. COEF. SEGURIDAD						
	TENSIÓN ADMISIBLE TERRENO						
	CUADRO LONGITUDES DE ANCLAJE-SOLAPE						
	CUADRO ESPERA DE PILARES						
	CUADRO DE CARGAS DE CIMENTACIÓN						
	DETALLES DE PLANOS DE CIMENTACIÓN						

	DESCRIPCIÓN	**REFERENCIA**
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

S/O: Sin observaciones

L.C. 3007	***MICROPILOTES. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.***	*FECHA:*

TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECIALES. MICROPILOTES.

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**
ELEMENTOS VERIFICADOS: • MICROPILOTES	

VERIFICACIÓN DIMENSIONAMIENTO							
	COMPROBACIÓN	**CONFORME**		**S/O**	**CORRECCIÓN**	**COMPROBACIÓN CORRECCIÓN**	**ACLARACIONES/ ANOMALÍAS**
		SI	**NO**				
MICROPILOTES	UBICACIÓ MICROPILOTES						
	NÚMERO Y NUMERACIÓN MICROPILOTES						
	DIÁMETRO DE LOS MICROPILOTES						
	DIÁMETRO PERFORACIÓN						
	SISTEMA PERFORACIÓN						
	LONGITUD MICROPILOTE						
	DIÁMETRO Y CARACTERÍSTICAS ACERO						
	CARACTERÍSTICAS LECHADA						
	TIPO DE INYECCIÓN IV/IR/IRS						
	¿INYECCIÓN PREVIA?						
ENCEPADO	CARGAS Y ESFUERZOS						
	TENSIONES						
	DIMENSIONES MÍNÍMAS						
	DIÁMETROS UTILIZADOS Y SEPARACIÓN ENTRE BARRAS						
	CONDICIONES DE ANCLAJE DE LA ARMADURA						
	DIÁMETROS UTILIZADOS Y SEPARACIÓN ENTRE BARRAS						
	COMPROBACIÓN DE LA CUANTÍA GEOMÉTRICA MÍNIMA CARA TRACCIONADA						
	CUANTÍA MÍNIMA A FLEXIÓN						
	COMPROBACIÓN A FLEXIÓN						
	CONDICIONES DE ANCLAJE DE LA ARMADURA						
	CANTO TOTAL						

	DESCRIPCIÓN	**REFERENCIA**
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 3007	***MICROPILOTES. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE PROYECTO.***	*FECHA:*

TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECIALES. MICROPILOTES.

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

CONCLUSIONES

- Modelización adoptada / Programa de Cálculo empleado.
- Valoración de las Acciones y Coeficiente de Seguridad considerados.
- Condiciones específicas y nivel de control previsto de los Materiales.
- Valoración de Planos y Detalles Constructivos.
- Conclusión Técnica.

- Detalles y/o elementos de Riesgo en Cimentación.

RECOMENDACIONES

- Recomendaciones que pueden ser de utilidad para la revisión del proyecto de estructura.
- Recomendaciones para la inspección de la ejecución de la cimentación.

L.C. 3008	MICROPILOTES. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.	FECHA:

TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECIALES. MICROPILOTES.

PROMOTOR:	**CONSTRUCTORA:**
REFERENCIA DOCUMENTO:	**TÉCNICO REVISIÓN:**

REVISIÓN DE EJECUCIÓN							
	COMPROBACIÓN	**CONFORME**		**S/O**	**CORRECCIÓN**	**COMPROBACIÓN CORRECCIÓN**	**ACLARACIONES/ ANOMALÍAS**
		SI	**NO**				
REPLANTEO Y GEOMETRÍA	La orientación coincide con la del proyecto						
	El centro geométrico coincide con el del proyecto						
MATERIALES LECHADA MORTERO							
	Fórmula trabajo lechada.						
	Constan todos los datos						
	Tiempos de fabricación, comienzo y final de inyección						
	El contenido mínimo de cemento se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	Reinyecciones						
	La relación a/c del mortero se ajusta al tipo de ambiente donde está colocado						
	Cumplen los materiales lo descrito en proyecto						
	Resistencia a compresión						
	Exudación y reducción de volumen						
	Viscosidad cono March						
MATERIALES ARMADURA	El acero que se está utilizando dispone de hoja de suministro						
	Consta el tipo de acero						
	Se ha identificado el tipo y procedencia del acero						
	El tipo de acero coincide con el del proyecto						
	Todo el acero del elemento tiene el mismo límite elástico (es del mismo tipo)						
	Las barras están limpias						
	Las zonas curvadas NO presentan fisuras						
LODOS	El lodo de estabilización cumple con los requisitos.						
VERIFICACIONES PREVIAS	Micropilotes. ¿Se cumplen las limitaciones establecidas en la normativa?						
COLOCACIÓN Y EJECUCIÓN	**ARMADOS PARA MICROPILOTES**						
	Se ha utilizado armadura tubular						
	Barras AEH 500						
	MICROPILOTES						
	Comprobada la idoneidad del micropilote según lo definido en el proyecto						
	Se han tenido en cuenta las condiciones de ejecución para el micropilotaje						
UNIONES DE ELEMENTOS	**GENÉRICOS**						
	Se dispone de planos de detalles de las uniones						
	Se evitan las uniones en las que se pueda acumular agua						
	HORMIGÓN-HORMIGÓN						
	Las esperas tienen el diámetro proyectado						
	Las esperas están colocadas según proyecto						

L.C. 3008	***MICROPILOTES. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.***	*FECHA:*

	COMPROBACIÓN	CONFORME		S/O	CORRECCIÓN	COMPROBACIÓN CORRECCIÓN	ACLARACIONES/ ANOMALÍAS
		SI	NO				
VERIFICACIONES POSTERIORES	**MICROPILOTES**						
	Se está en posesión del parte firmado por la empresa constructora, de cada uno de los pilotes o micropilotes ejecutados						
	Se dispone de los resultados del ensayo de continuidad						

S/O: Sin observaciones

	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
RESEÑAS		
OBSER-VACIONES		

L.C. 3008	***MICROPILOTES. LISTA DE COMPROBACIÓN FASE EJECUCIÓN.***	*FECHA:*

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES

10.CONCLUSIONES FINALES.

Al finalizar el trabajo final de carrera que aquí nos ocupa, la principal conclusión que a mi entender sale a la luz, no viene derivada del trabajo realizado, sino más bien del no realizado.

Al dar carpetazo al proyecto me di cuenta de que quizá un optimismo inicial desmesurado y un desconocimiento previo de algunas partes del proyecto me habían hecho abarcar demasiado, y esa es la principal conclusión que saco, -es una sensación personal que ha quedado en mi-, que para poder desarrollar el trabajo como se merecía, debería ser un trabajo muchísimo más extenso, por ello, he tenido que obviar mucha información y darla por conocida, para evitar así sobrepasar sin límites el tamaño máximo aconsejable para ser un documento no demasiado farragoso.

Cada uno de los apartados del proyecto merecen por si solos un estudio particularizado y mucho más minucioso que el presente.

Aún así, y volviendo a la ejecución real del proyecto hay muchos datos que se pueden aportar.

La primera parte del proyecto aporta un conocimiento básico de las tipologías constructivas estudiadas, cuya revisión de vez en cuando la considero muy acertada. Así conseguiremos refrescarnos la memoria con algunos datos y aportar otros que pudiéramos no conocer.

Ya en los anexos, la que considero segunda parte del proyecto, los procedimientos, nos aportan un desarrollo de que es lo que debemos hacer para realizar un estudio y control de cada una de las tipologías de cimentaciones.

Debemos conocer los procedimientos de ejecución y control de cada trabajo a ejecutar para poder dotar de toda la calidad que precisan. Debemos tener muy claros los procesos de gestión y control de calidad de los trabajos en cimentaciones.

En vista de la realización final de las listas de comprobación, la revisión inicial de proyecto, de la documentación de los datos previos a cualquier trabajo, se me hace ahora imprescindible. No solo por los datos que aporta sobre cuál va a ser el trabajo a realizar, sino también, y si cabe con más relevancia, por las

informaciones que nos da de cara a una ejecución final lo más eficaz posible, pues nos aporta el conocimiento de lo que vamos a hacer, de qué forma, con que limitaciones y porque, además de indicarnos cuales son las revisiones y/o pruebas imprescindibles o más convenientes a realizar.

La revisión previa del proyecto nos aporta casi todos los datos que necesitamos para poder desarrollar la ejecución final de cada tipología constructiva.

Cada lista de comprobación además de ser un elemento de control de cada partida a ejecutar, sirve además para poder detectar y evitar errores posteriores en esta u otra partida, sirve también para, al descubrir patologías, errores o deficiencias, volvamos a consultarlas y detectemos la posible causa de las mismas, pudiendo así dar una mejor y más pronta solución a cada problema.

Las listas de comprobación en fase ejecución, deben partir de un conocimiento previo del proceso constructivo de cada tipología, para tener mucho más claro que es lo que estamos haciendo y porque no estamos haciéndolo de otra forma.

Como se puede observar, en cada lista, aparece un recuadro para añadir la fecha en que se realiza la inspección, y es así porque las comprobaciones deben ser periódicas y realizar tantas como creamos necesarias. No realizar una lista de comprobación para fase proyecto y otra para la ejecución.

Estas listas facilitan, a su vez, el posible control de los trabajos ejecutados por parte de otros técnicos que necesitarán revisarlos.

A mi particularmente, el desarrollo de la parte de los trabajos geotécnicos especiales me ha servido para conocer unas tipologías constructivas que tan solo conocía por su nombre. Bien porque en el momento de su estudio en la ETSIE no se desarrollo con la amplitud suficiente o bien porque la práctica profesional en esos trabajos es escasa, al menos en mi caso y posiblemente en el de muchos más.

Otra conclusión clara es la necesidad que tenemos de intentar conocer la existencia de cualquier normativa que esté en vigor para los trabajos que vayamos a realizar. Y digo la existencia, que no el conocimiento del desarrollo interno de cada una de ellas, pues eso, creo es imposible, porque con el simple conocimiento de la existencia de tal o cual norma, en un momento dado, podremos consultarla para sacarnos de cualquier duda que pudiéramos tener. Y esto lo digo, porque yo mismo he estado leyendo algunas normas, cuya existencia hasta hoy, desconocía.

Muchas veces los trabajos que realizamos en cimentación por ser de sobra conocidos, los pasamos un poco por alto y sin darle la importancia que tienen. El Arquitecto realiza el diseño de la cimentación a usar en cada proyecto basándose en los datos previos y el estudio geotécnico de que dispone y de alguna forma parece como si estuviéramos obligados a creerlo. Y no digo ni mucho menos que los arquitectos no sean buenos profesionales, todo lo contrario, quizá seamos nosotros, los ingenieros de la edificación los que a veces pequemos de confianza excesiva, de que todo está bien y por supuesto va a salir de la misma forma.

Debemos obligarnos más, como profesionales que somos, a realizar una, aún más, exhaustiva labor de vigilancia y control de todo aquello cuanto hagamos, como hemos dicho, partiendo desde la base de un proyecto, hasta la realización física del mismo, sin omitir detalle, sin dejar de controlar lo que debemos, sin revisar cualquier documento, sin pedir a quién fuera necesario todo aquel impreso, justificación o cualquier cosa que creamos oportuna en cada momento…

Por ello, y porque esa labor ni es fácil ni es pequeña, debemos apoyarnos siempre en unas listas de comprobación como las que se adjuntan, o mejores a ser posible, para que nos faciliten y nos capaciten para tamaña labor.

11. BIBLIOGRAFÍA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. AAVV, *Código técnico de la edificación,* Madrid, Tecnos, 2010.
2. AAVV, Instrucción de hormigón estructural, EHE 08, Ministerio de Fomento, 2010.
3. AAVV, *Ejecución de trabajos geotécnicos especiales,* Madrid, AENOR, 2001.
4. URBAN BROTONS, Pascual, *Construcción de estructuras. Hormigón armado, Detalles constructivos y perspectivas,* San Vicente, Alicante, Ecu, 2004.
5. URBAN BROTONS, Pascual, *Construcción de estructuras. Hormigón armado, Adaptado a las instrucciones EHE, EFHE y NCSE-02,* San Vicente, Alicante, Ecu, 2004.
6. BIOSCA G. DE TEJADA, Ferran. *Aplicaciones del jet grouting en la mejora de suelos.* Rodio Cimentaciones Especiales, S.A.
7. COMPANY GIRONÉS, Rafael, Todo lo que hay que saber sobre el código técnico de la edificación, Garceta Grupo Editorial, 2011.
8. JIMÉNEZ MONTOYA, Pedro. *Hormigón armado.* Gustavo Gili. 2010
9. JIMÉNEZ SALAS, José Antonio. *Geotecnia y Cimientos. Tomo I. Propiedades de los suelos y de las rocas.* Rueda. 2000.
10. JIMÉNEZ SALAS, José Antonio. *Geotecnia y Cimientos. Tomo III. Cimentaciones, excavaciones y aplicaciones de la geotecnia.* Rueda. 2000.
11. JIMÉNEZ SALAS, José Antonio. *Geotecnia y Cimientos. Tomo II. Mecánica del suelo y de las rocas.* Rueda. 1995.
12. CALAVERA RUIZ, José. *Cálculo de estructuras de cimentación.* Madrid, INTEMAC, 2000.
13. CALAVERA RUIZ, José. *Muros de contención y muros de sótano,* INTEMAC, 2001.
14. CALAVERA RUIZ, José. *Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado.* Instituto Nacional de Tecnología. 2005.




15. CALAVERA RUIZ, José. *Manual de detalles constructivos de obras de hormigón armado.* INTEMAC. 1993.
16. CALAVERA RUIZ, José. *Proyecto y cálculo de estructuras de hormigón: en masa, armado y pretensado, de acuerdo con la EHE-08 y EC-2*. INTEMAC. 2008.
17. AAVV, *Mecánica del suelo y cimentaciones*. Fundación escuela de la edificación. 1986.

DIRECCIONES PÁGINAS WEB CONSULTADAS.

1. http://rbconspro.wordpress.com/2010/04/17/microcementos-para-lechadas-de-inyeccion/
2. http://www.archiexpo.es/fabricante-arquitectura-design/inyeccion-3811.html
3. http://www.geora.es/aplicaciones-inyecciones.php
4. http://vgatec.blogspot.com/2011/04/inyecciones-de-compactacion.html
5. http://www.tablestacas.es/index_es.php
6. http://www.publidis.net/webs/exemples/mecanotubo/tablestacas.htm
7. http://www.acindar.com.ar/prod_12_Tablestacas.asp?menu=13
8. http://www.carreteros.org/normativa/pg3/articulos/6/v/a_673c.htm
9. http://www.peikko.es
10. http://www.temas-estudio.com
11. http://www.todoarquitectura.com
12. http://www.arqhys.com/
13. http://www.udc.es
14. http://detallesconstructivos.cype.es/CSL.html
15. http://www.carreteros.org/normativa/ehe/apartados/59a.htm

11. AGRADECIMIENTOS.

He querido añadir esta última parte en mi proyecto final de carrera porque la he creído totalmente necesaria.

Y la he creído totalmente necesaria porque han pasado muchos años desde que debería haber entregado este trabajo y haber acabado de cerrar, de esa manera, una parte tan importante de la vida como es la Universidad.

Pero no lo hice, no lo hice en su momento, cuando debía.

Hace ya muchos años, desde 1999, que tenía pendiente finiquitar, entregar el “proyecto”, y hasta hoy no ha sido posible, o más bien no he sido capaz.

Y durante todos estos años, a parte de mi mismo, hay mucha gente que me ha sufrido, y ha estado a mi lado en todo momento.

Es por ello que doy las gracias a mucha gente, por, de una u otra forma, haberme ayudado a estar hoy aquí, terminando por fin con esa espinita clavada que tenía dentro de mí.

Y por ello doy las gracias,

A mi tutor en la escuela, Luis Vte García Ballester.

Al tribunal de PFC.

A todos los profesores que formaron parte de mi estancia en la ETSIE.

A mis amigos que me han apoyado, y empujado a que hoy este aquí.

A mi familia, por dentro de sus posibilidades intentar comprenderme.

A mis compañeros de trabajo por animarme en la ejecución de este proyecto.

Y sobre todo a quién más tiempo pasa conmigo, y más ha tenido que soportarme durante estos años, mi mujer.

MUCHAS GRACIAS A TODOS.